CANMET

Canada Centre for Mineral and Energy Technology

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

REPORT 83-11F

RÉSUMÉS DES MARCHÉS 1982-1983 DE CANMET EN MATIÈRE D'ÉNERGIE

COMPILÉ PAR T.P. LANZER

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR L'ÉNERGIE
BUREAU DU PROGRAMME DE RECHERCHE

AOÛT 1983

57 AP

DEC 10 1984

Energy, Mines and Resources Canada | Énergie, Mines et Ressources Canada

Canada

85-0946/

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

N° de catalogue M38-13/83-11F
ISBN 0-660-91385-2

Canada: 5,50$
à l'étranger: 6,60$ (Can)

Prix sujet à changement sans avis préalable
Available in English

AVANT-PROPOS

Ce rapport décrit, sous forme de résumés, les contrats de R et D énergétique qui on été adjugés par CANMET et exécutés en 1982-1983. Les résumés ont pour but de faciliter le transfert, au profit de l'industrie, des nouvelles techniques qui ont vu le jour grâce au vaste programme d'adjudication de CANMET. Au cours de l'exercice 1982-1983, plus de 8,5 millions de dollars de contrats ont été accordés à l'entreprise dans le domaine du R et D énergétique; ce chiffre représente 23% du budget alloué à l'activité "Technologie énergétique" pour cette année-là. Les descriptions de contrats achevés avant 1982 ont déjà été présentées dans les rapports 78-1, 79-26 et 82-11 de CANMET.

On peut avoir accès aux rapports définitifs des contrats décrits dans ces résumés en s'adressant à la Division de l'information technologique, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 555, rue Booth, Ottawa, (Ontario), K1A 0G1; téléphone: (613) 995-4029, TÉLEX: 053-3395.

Le bureau du Programme de recherche de CANMET est reconnaissant à Tom Lanzer, de l'Université d'Ottawa, d'avoir soigneusement colligé ce rapport au cours de l'été 1983.

D.A. Reeve
Directeur
Bureau du Programme de recherche

FOREWORD

This report summarizes energy related R & D contracts which were sponsored by CANMET and completed in 1982 and 1983. The summaries were prepared to assist in transferring to industry the new technology which has been created through CANMET's extensive contracting-out program. In fiscal year 1982-83, the value of energy related R & D which was contracted-out exceeded $8.5 million, representing 23% of the CANMET Energy Technology Activity budget for the year. Energy contracts completed prior to 1982 were summarized previously in CANMET Reports 78-1, 79-26 and 82-11.

Final reports for the contracts outlined in these summaries are available through the Technology Information Division, Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), Department of Energy, Mines and Resources, 555 Booth Street, Ottawa, Ontario, K1A 0G1; Telephone: (613)995-4029, TELEX: 053-3395.

The CANMET Research Program Office is grateful to Tom Lanzer of the University of Ottawa for diligently assembling this report during the summer of 1983.

D.A. Reeve
Director
Energy Program Office

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

AVANT-PROPOS 1

FOREWORD 11

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE

CONSERVATION 1

COMBUSTION DU PÉTROLE ET DU GAZ

ÉTUDE DE LA COMBUSTION PAR VÉLOCIMÈTRE LASER À EFFET DOPPLER 3

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LES PROCÉDÉS INDUSTRIELS

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR DU TRAITEMENT DES MINÉRAUX D'USAGE INDUSTRIEL: BROYAGE 4

APPROVISIONNEMENT EN PÉTROLE 5

RÉCUPÉRATION DU BITUME ET DU PÉTROLE LOURD

EXAMEN DE L'APPROCHE MODULAIRE POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UNE OPÉRATION D'EXTRACTION À CIEL OUVERT DES SABLES BITUMINEUX - PHASE 1 7

CARACTÉRISATION DES BITUMES ET DES PÉTROLES LOURDS

CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYNUCLÉAIRES DANS LES FRACTIONS DONT LE POINT D'ÉBULLITION EST SUPÉRIEUR À 350°C 8

AMÉLIORATION DES BRUTS SYNTHÉTIQUES EN CARBURANT

MISE AU POINT DE CATALYSEURS POUR L'HYDROGÉNATION DE COMPOSÉS AROMATIQUES POLYNUCLÉAIRES CONDENSÉS 9

MATÉRIAUX POUR LE TRAITEMENT DES HYDROCARBURES

CONCEPTION D'UN SYSTÈME ENTIÈREMENT AUTOMATIQUE DE TESTS À ULTRASONS POUR DÉTECTER ET MESURER LES DÉFAUTS DES SOUDURES - PHASE 1 10

DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME AUTOMATIQUE DE TESTS À ULTRASONS POUR LA DÉTECTION ET LA MESURE DES DÉFAUTS DE SOUDURE DANS LES ACIERS DE GROS CALIBRE POUR AUTOCLAVES - PHASE 2 11

MATÉRIAUX POUR OLÉODUCS ET GAZODUCS

REVUE DES TECHNIQUES DE POINTE D'EXAMEN NON DESTRUCTIF POUR L'INSPECTION EN COURS DE FONCTIONNEMENT DES PIPELINES AFIN DE DÉTECTER DES FISSURES SOUS-CRITIQUES - PHASE 2 12

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PAGE

CONCEPTION ET FABRICATION D'UN SYSTÈME DE TÉLÉDÉTECTION AÉROPORTÉ DES FUITES DE GAZ OU DE PÉTROLE DANS LES PIPELINES 13

MATÉRIAUX POUR LES OUVRAGES OFFSHORE

FATIGUE PAR CORROSION DE JOINTS TUBULAIRES DANS LES OUVRAGES OFFSHORE 14

RECENSEMENT DE LA DEMANDE EN PLAQUES D'ACIER POUR LES OUVRAGES OFFSHORE ET LES NAVIRES APPELÉS À NAVIGUER DANS L'ARCTIQUE 15

CHARBON 17

EXTRACTION

DÉVELOPPEMENT, INSTALLATION ET EXPLOITATION D'UN SYSTÈME TÉLÉMÉTRIQUE DE SURVEILLANCE DE LA SUBSIDENCE 19

CARACTÉRISTIQUES DU MORT-TERRAIN DES GISEMENTS DU CHARBON DES PLAINES DE L'ALBERTA ET DE LA SASKATCHEWAN, QUI POURRAIENT LIMITER L'EMPLOI DES EXCAVATEURS À ROUES À AUGETS 20

PRÉPARATION

ÉVALUATION DES PROBLÈMES ENCOURUS LORS DE LA PRÉPARATION DU CHARBON DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE 21

DÉSHYDRATATION THERMIQUE DU LIGNITE - PHASE 4 23

CARBONISATION

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LA BATTERIE N° 6 DE L'ALGOMA STEEL CORPORATION LTD. 24

GAZÉIFICATION

RÉACTIVITÉ DU LIGNITE - PHASE 3 25

ÉLABORATION DE PARAMÈTRES POUR LE CONTRÔLE DE LA GAZÉIFICATION SUR LIT FLUIDISÉ ET POUR LA COMBUSTION DE GAZ DE HOUILLE AVEC DES CHARBONS CANADIENS DE DIFFÉRENTES QUALITÉS - PHASE 4 26

ÉVALUATION TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DU SYSTÈME DE GESTION DES RESSOURCES ET DE L'ÉNERGIE 27

FAISABILITÉ DE LA CONCEPTION D'UNE INSTALLATION EXPÉRIMENTALE DE TRAITEMENT CONDUISANT À LA COMMERCIALISATION D'UN GAZÉIFICATEUR À LIT À JET D'AIR - PHASE 1 28

LIQUÉFACTION

POTENTIEL DE LIQUÉFACTION DES CHARBONS DE MAUVAISE QUALITÉ COMME SOURCE FUTURE DE COMBUSTIBLES LIQUIDES SYNTHÉTIQUES - PHASE 2 29

ÉVALUATION TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DE LA PRODUCTION DE PÉTROLE À PARTIR DE CHARBON CANADIEN DE QUALITÉ INFÉRIEURE - PHASE 1 30

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PAGE

ÉVALUATION ET COMPARAISON DES COÛTS DE PRODUCTION DE COMBUSTIBLES LIQUIDES À PARTIR DE CHARBON ET DE SABLES BITUMINEUX EN ALBERTA - PHASE 1 31

EFFICACITÉ DU PROCÉDÉ D'EXTRACTION GAZEUSE SUPERCRITIQUE AVEC LES CHARBONS CANADIENS - SUITE 32

CARACTÉRISATION DES RÉSIDUS SOLIDES PRODUITS PAR LA LIQUÉFACTION DU CHARBON - PHASE 2 33

DÉVELOPPEMENT DE NOUVELLES MÉTHODES D'EXTRACTION DE L'OXYGÈNE DANS LES CHARBONS 34

COMBUSTION

PRÉPARATION ET TEST POUR LA COMBUSTION DE MÉLANGES CHARBON-PÉTROLE PAR LE BROYAGE CONTINUEL DU CHARBON DANS LE PÉTROLE 35

UTILISATION POTENTIELLE D'UN MÉLANGE CHARBON-LIQUIDE COMBUSTIBLE AU CANADA - PHASE 1 36

TESTS DE COMBUSTION DE MÉLANGES CHARBON-PÉTROLE À LA COMPAGNIE MINIÈRE IRON ORE CO. DU CANADA, DE SEPT-ÎLES (QUÉBEC) 37

ANALYSE PAR MICROSONDE ÉLECTRONIQUE DES MACÉRAUX CONTENUS DANS LES CHARBONS CANADIENS 38

TRANSPORT DES BOUILLIES DE CHARBON

ÉVAPORATION SUR LIT FLUIDISÉ DE TOURTEAUX DE CHARBON CONTENANT DU PÉTROLE BRUT 39

MATÉRIAUX POUR LA MANUTENTION ET LA CONVERSION DU CHARBON

CONCEPTION D'UNE INSTALLATION POUR LA MESURE DE L'ÉROSION À HAUTE TEMPÉRATURE - PHASE 1 40

ÉNERGIE NUCLÉAIRE 41

TRAITEMENT DES MINERAIS RADIOACTIFS

ÉVALUATION EN LABORATOIRE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DES TECHNIQUES D'ÉCHANGE IONIQUE POUR ISOLER LES RADIONUCLÉIDES LORS DU TRAITEMENT DES MINERAIS D'URANIUM 43

ÉNERGIE RENOUVELABLE 45

MATÉRIAUX POUR LES SYSTÈMES PERFECTIONNÉS DE CONVERSION DE L'ÉNERGIE

DÉVELOPPEMENT D'UN CIRCUIT DOMESTIQUE DE STOCKAGE THERMIQUE QUI EMPLOIE UN SEL HYDRATÉ FONDU COMME MILIEU DE STOCKAGE 47

DÉVELOPPEMENT DE PELLICULES SEMI-CONDUCTRICES POUR LA PRODUCTION PHOTOÉLECTROCHIMIQUE D'HYDROGÈNE OU D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR DE L'ÉNERGIE SOLAIRE 48

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PAGE

MISE AU POINT DE TECHNIQUES D'ESSAIS NON DESTRUCTIFS AFIN D'ÉVALUER L'INTÉGRITÉ DE CONCRÉTIONS D'ÉLECTROLYTES EN PHASE SOLIDE - PHASE 1 49

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE

CONSERVATION

TITRE: ÉTUDE DE LA COMBUSTION PAR VÉLOCIMÈTRE LASER À EFFET DOPPLER

EXÉCUTANT: Université de Toronto

N° DU DOSSIER: 0-9050
COMMENCEMENT/FIN: sept. 80/mars 82

SPÉCIALISTE DU CANMET: M. Skubnik

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE
SOUS-ACTIVITÉ: Conservation
TECHNIQUE: Combustion du pétrole et du gaz

FINANCEMENT

CANMET:	45 000 $
EXÉCUTANT:	--
AUTRES:	--
TOTAL:	45 000 $

OBJECTIFS

Développer un moyen empirique de mesurer la distribution de taille et la distribution de vitesse des gouttelettes dans les pulvérisations de liquides connus au moyen de techniques faisant appel au vélocimètre laser à effet Doppler.

MÉTHODE

Installer un dispositif laser et un dispositif de détection pour mesurer la lumière dispersée sur des particules. Les signaux réfléchis par des particules dont la taille et la vitesse de franchissement du volume de référence sont connues, sont traités par un micro-ordinateur et donnent une mesure directe de taille et de vitesse.

RÉSULTATS

À l'intérieur de certaines limites de taille et de certaines limites concernant la fenêtre de lecture, les lectures d'étalonnage effectuées avec des particules de taille et de vitesse connues livrent des résultats en très bon accord avec les valeurs de référence.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Il s'agit d'une technique commode pour l'étude des pulvérisations de combustible dans les appareils de combustion; la recherche se poursuit dans ce sens.

TITRE: ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR DU TRAITEMENT DES MINÉRAUX D'USAGE INDUSTRIEL: BROYAGE

EXÉCUTANT: SNC Inc.	N° DU DOSSIER:	1-9094	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	mars 82/mai 82	
			CANMET: 19 902 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: --
DU CANMET: L. Sirois	SOUS-ACTIVITÉ:	Économies d'énergie	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Économies d'énergie dans les procédés industriels	TOTAL: 19 902 $

OBJECTIFS

Acquérir la technologie nécessaire à l'optimisation des circuits industriels de broyage des minéraux (concassage et broyage fin) sur le plan de la consommation directe et indirecte d'énergie.

Afin de créer les moyens d'optimiser la consommation totale d'énergie dans les circuits de broyage, il faut procéder à une revue de question qui devrait comprendre:

1. Les techniques de broyage appliquées au minéraux d'usage industriel.

2. Les techniques de contrôle des circuits de broyage.

3. Les besoins et spécifications des grandes entreprises de traitement de minéraux et des principaux utilisateurs en ce qui a trait aux propriétés granulométriques qui sont modifiées à la suite du broyage.

MÉTHODE

Les données doivent être compilées à la suite du dépouillement des rapports techniques et de recherche, après consultation des fabricants de l'équipement et consultation des comités des normes, des associations d'utilisateurs et des utilisateurs particuliers comme des entreprises qui assurent le traitement des minerais d'usage industriel (p. ex. PCA, Glass Research Council, Clay Brick Associates of Canada, CSA, ASTM).

RÉSULTATS

Les économies d'énergie dans le secteur du broyage des minerais industriels sont possibles de diverses façons. Les possibilités d'économiser l'énergie reposent sur le choix judicieux de l'équipement, sur le contrôle de l'alimentation en minerai brut et sur la définition des exigences concernant les produits transformés. Puisque dans le secteur du broyage, les contraintes changent d'une industrie à l'autre, l'optimisation des divers éléments de façon à économiser l'énergie doit reposer sur le choix judicieux d'équipements par secteur industriel.

Il existe certaines règles de base pour optimiser les circuits de broyage. Il faut que la puissance installée soit pleinement utilisée, que le produit soit homogène et que l'alimentation soit régulière. Puisqu'il y a moins d'énergie consommée au concassage qu'au broyage fin, la consommation totale d'énergie serait réduite si le concassage était davantage poussé aux dépens du broyage fin. Cela conduirait à une consommation moindre d'énergie spécifique. En outre, le contrôle de toutes les opérations de broyage conduit à des économies appréciables pourvu que les paramètres d'opération d'une installation donnée soient connus et précisés.

Les lois classiques de l'énergie ne suffisent pas pour prévoir les résultats d'opérations complexes de broyage. Des modèles mathématiques de simulation d'éléments de broyage ont donné des résultats encourageants. Avec les données d'exploitation sur les procédés de broyage "en conditions de production" portées à une échelle supérieure, les techniques de simulation vont sans doute conduire au perfectionnement de la méthode de prévision des résultats finaux.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Cette recherche sera prolongée aux termes d'un marché pour la démonstration des économies possibles d'énergie par l'application des principes formulés dans le rapport.

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE

APPROVISIONNEMENT EN PÉTROLE

TITRE: EXAMEN DE L'APPROCHE MODULAIRE POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UNE OPÉRATION D'EXTRACTION À CIEL OUVERT DES SABLES BITUMINEUX - PHASE 1

EXÉCUTANT:	Techman Engineering Ltd.	N° DU DOSSIER:	2-9131	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	sept. 82/fév. 83	CANMET:	449 213 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	V. Srajer	SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Récupération du bitume et du pétrole lourd	TOTAL:	449 213 $

OBJECTIFS

1. Examiner l'établissement à petite échelle d'une exploitation de sables bitumineux.
2. Préciser l'argumentation.
3. Définir un cadre par lequel pousser le concept jusqu'à l'étape de la démonstration.
4. Présenter les résultats à une gamme d'utilisateurs avertis.
5. Donner des précisions sur les éventuelles retombées canadiennes.

MÉTHODE

1. Trouver les grandes caractéristiques et les contraintes inhérentes à l'approche "méga-projet" et à l'approche "modulaire" pour la mise en valeur d'une propriété de sables bitumineux. Étayer les paramètres importants d'un mégaprojet comme l'investissement par baril produit régulièrement et par jour, le coût total, les liquidités, les considérations d'ordre environnemental, les techniques praticables et autres paramètres descriptifs d'importance.
2. Trouver les critères économiques, technologiques et d'exploitation s'appliquant à un projet modulaire à petite échelle et les énoncer en termes de caractéristiques inévitables et souhaitables.
3. Identifier les schémas probables d'examen (par exemple, un module de 15 000 barils par jour) et donner un aperçu du scénario du développement, notamment les budgets et calendriers provisoires, afin de vérifier les schémas par rapport aux critères établis précédemment.
4. Déterminer les schémas d'une exploitation de sables bitumineux à ciel ouvert qui offrent certaines probabilités de réussites et créer un programme d'évaluation détaillée et de classement des schémas retenus.
5. Agencer les résultats de façon à présenter les conclusions préliminaires et le programme d'évaluation proposé à des groupes d'experts choisis par le gouvernement.

RÉSULTATS

Après analyse comparée des ces retenus, les conclusions préliminaires qui ressortent à l'analyse de la phase 1 sont:

1. En termes de rendement économique maximal et de risque financier minimal exprimés par la période de récupération de l'investissement et le capital investi, les petites usines entièrement intégrées et à petite échelle paraissent assez attrayantes.
2. Le scénario de l'agrandissement progressif, quand l'exploitant consent un investissement initial dans une usine de petites dimensions et qu'il élargit subséquemment en se finançant à même le cashflow produit par la petite usine, offre des perspectives attrayantes.
3. Techman Engineering Ltd. a élaboré un concept d'exploitation modulaire qui repose sur l'emploi innovateur d'équipement mobile pour raccourcir le plus possible les trajets pour le transport. Ce concept semble particulièrement bien adapté aux petites exploitations ou à celles qui sont progressivement agrandies.
4. Les nouvelles installations d'exploitation et d'extraction qui fournissent le bitume à Syncrude Canada Ltd., à Suncor Inc. ou à certaines raffineries de la région d'Edmonton, semblent avoir du potentiel.

APPLICATIONS ET POURSUITE DES TRAVAUX

La phase 2 de l'étude portera sur la validité technique, économique, environnementale et sociale des schémas modulaires d'exploitation et d'extraction des sables bitumineux par le calcul de la taille optimale du module et les paramètres d'agrandissement des installations.

TITRE: CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYNUCLÉAIRES DANS LES FRACTIONS DONT LE POINT D'ÉBULLITION EST SUPÉRIEUR À 350°C

EXÉCUTANT:	United Technology and Science Inc.	N° DU DOSSIER:	0-9175	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	sept. 81/août 82	CANMET:	78 755 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	M.A. Poirier	SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Caractérisation des bitumes et des pétroles lourds	TOTAL:	78 755 $

OBJECTIFS

Les hydrocarbures aromatiques polynucléaires sont les aromatiques prédominants dans les bitumes, les huiles lourdes et leurs produits synthétiques lourds. Ils ont le potentiel de jouer un rôle important dans le dépôt du coke dans les réacteurs au cours des procédés d'amélioration. Une étude détaillée de la chimie aromatique polynucléaire contenue dans les produits obtenus à divers stades des traitements et à différents niveaux du réacteur, pourrait nous en apprendre davantage sur le rôle des aromatiques polynucléaires dans le mécanisme de formation du coke.

MÉTHODE

Caractérisation chimique des hydrocarbures aromatiques polynucléaires dans six échantillons de la façon suivante:

1. Conditionnement des échantillons par distillation et désasphaltage pour récupérer la fraction maltène des résidus dont le point d'ébullition est supérieur à 350°C.
2. Séparation des produits du type hydrocarbure (produits saturés, monoaromatiques, diaromatiques, polyaromatiques et produits polaires) de ces résidus et récupération du concentré polyaromatique pour l'analyse ultérieure.
3. Emploi du système de chromatographie en phase liquide de haute performance à sorbant mobile pour la séparation des aromatiques polynucléaires selon le nombre de noyaux fusionnés.
4. Caractérisation chimique des sous-classes des aromatiques polynucléaires séparés avec les instruments qu'il faut.

RÉSULTATS

1. Distillation et désasphaltage
2. Séparation par type d'hydrocarbure
3. Fractionnement acide-base du concentré de polyaromatiques
4. Séparation selon le nombre de noyaux fusionnés par chromatographie en phase liquide de haute performance
5. Séparation par le poids moléculaire
6. Analyse élémentaire
7. Analyse UV et par fluorescence avec la chromatographie en phase liquide de haute performance
8. Analyse FID et MS avec la chromatographie en phase gazeuse

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Les résultats nuisent aux corrélations avec la formation de coke dans le réacteur lors de l'hydrocraquage.

Aucun projet pour l'instant.

TITRE: MISE AU POINT DE CATALYSEURS POUR L'HYDROGÉNATION DE COMPOSÉS AROMATIQUES POLYNUCLÉAIRES CONDENSÉS

EXÉCUTANT:	Guelph Chemical Labs Ltd.	N° DU DOSSIER:	9-9106-1	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	mars 81/mai 82	CANMET:	24 500 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	M. Ternan	SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Amélioration des bruts synthétiques en carburant	TOTAL:	24 500 $

OBJECTIFS

1. Construire un appareil d'hydropyrolyse-éclair et un appareil d'hydrogénation de l'acide formique.
2. Développer des méthodes analytiques quantitatives.
3. Mener des expériences d'hydropyrolyse-éclair:
   a) avec le phénanthrène à 4 températures et avec 3 durées de séjour, et
   b) avec le naphthalène et l'anthracène avec 3 durées de séjour.
4. Mener des expériences d'hydrogénation de l'acide formique sur le phénanthrène avec l'acide formique et la t-butylamine employés comme cosolvants.
5. Préparer un rapport final avec les résultats des expériences précitées.

MÉTHODE

1. L'appareil d'hydropyrolyse-éclair devait être construit en acier inoxydable. L'hydrogène s'écoulait dans le réacteur qui contenait un lot du composé aromatique polynucléaire condensé.
2. L'hydrogénation de l'acide formique devait avoir lieu dans un contenant en verre avec agitation.
3. Le chauffage rapide nécessaire aux expériences-éclairs devait être obtenu par une source de chauffage électrique alimentée par des accumulateurs.

RÉSULTATS

1. Les expériences d'hydrogénation de l'acide formique ont donné des résultats complètement négatifs. Il n'y a pas eu d'hydrogénation des composés.
2. Durant les expériences d'hydropyrolyse-éclair, des conversions atteignant jusqu'à 80 % ont été obtenues avec le phénanthrène et l'anthracène. Les conversions obtenues avec le naphthalène se situaient ordinairement à 40 %.
3. Les bilans de masse ont montré que les produits de réaction n'étaient pas tous collectés. C'est pourquoi les rendements de conversion ont dû être calculés à partir de la quantité des produits qui n'avaient pas réagi.
4. Il a été conclu qu'il fallait un appareil expérimental plus raffiné (ce qui dépassait la portée de la présente étude) pour obtenir des bilans de masse précis.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

La poursuite des travaux par l'allocation d'un marché afin d'obtenir un bilan de masse est à l'étude.

TITRE: CONCEPTION D'UN SYSTÈME ENTIÈREMENT AUTOMATIQUE DE TESTS À ULTRASONS POUR DÉTECTER ET MESURER LES DÉFAUTS DES SOUDURES - PHASE 1

EXÉCUTANT:	Welding Institute of Canada	N° DU DOSSIER:	9-9018	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	juillet 79/mars 80	CANMET:	39 940 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	V. Caron	SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour le traitement des hydrocarbures	TOTAL:	39 940 $

OBJECTIFS

Cette recherche s'inscrit dans un vaste projet de CANMET dont l'objectif est la modernisation de l'industrie canadienne de la fabrication des autoclaves à parois épaisses.

Phase 1 - L'objectif de la phase 1 était de produire une conception d'un système entièrement automatique de tests à ultrasons pour détecter et mesurer les défauts des soudures dans les autoclaves à parois épaisses dont la principale application se trouve dans l'industrie pétrochimique.

MÉTHODE

1. Une revue de question avec notamment la visite de centres d'excellence en essais non destructifs situés sur le continent européen a permis de recenser les techniques courantes et de montrer dans quel sens évoluent les méthodes ultrasoniques d'inspection des autoclaves à parois épaisses.

2. Quelques expériences ont été effectuées avec un échantillon soudé de 15,25 cm qui comportait des défauts fabriqués et des défauts spontanés. La méthode à ultrasons et la méthode par radiographie ont été essayées. Des sondes focalisantes ont aussi été employées.

3. À partir des résultats ci-dessus, les niveaux des signaux obtenus au-dessus des défauts ont été déterminés pour être employés sur un système de traitement automatique des données.

RÉSULTATS

Deux rapports ont été préparés. La recherche effectuée a conduit à la conception d'un système automatique d'inspection qui serait capable d'examiner les autoclaves dont les parois sans parement atteignent jusqu'à 15,25 cm d'épaisseur. Les fonctions du contrôle du balayage et de l'acquisition des données seront assurées par un micro-ordinateur du type Z-80. Le système pourra aussi s'ajuster à différentes configurations géométriques de soudure.

TITRE: DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME AUTOMATIQUE DE TESTS À ULTRASONS POUR LA DÉTECTION ET LA MESURE DES DÉFAUTS DE SOUDURE DANS LES ACIERS DE GROS CALIBRE POUR AUTOCLAVES - PHASE 2

EXÉCUTANT:	Welding Institute of Canada	N° DU DOSSIER:	9-9110	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	juin 80/mars 81	CANMET:	44 405 $
SPÉCIALISTE			TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE	EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	V. Caron	SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour le traitement des hydrocarbures	TOTAL:	44 405 $

OBJECTIFS

À partir du concept établi au cours de la phase I:

1. Construire un système automatique de tests par ultrasons pour détecter et mesurer les défauts de soudure dans les aciers de gros calibre pour autoclaves.

2. Faire une évaluation en laboratoire et apporter toute modification jugée nécessaire pour que le système soit prêt pour les essais ou pour les applications.

MÉTHODE

1. La construction est terminée et l'unité est fonctionnelle. Les tests ont été limités à une soudure à l'arc immergé comme il a été convenu.

2. Les tests de détection ont été effectués avec des pièces comportant des défauts fabriqués et des perforations d'étalonnage dans des plaques épaisses (150 mm). La reprise des signaux et la commodité ont été testées en même temps que la stabilité de l'équipement de détection.

3. Au moyen de balayages en mode A, la résolution latérale et de profondeur a été déterminée.

RÉSULTATS

1. Il est encore trop tôt pour les essais sur le terrain, mais les concepts et l'efficacité ont été établis. Il reste du travail à accomplir, notamment sur le système de traitement des données.

2. Le pouvoir de résolution pour la mesure de défauts variait entre 3 et 5 mm dans le volume jusqu'à environ 10 mm près de la surface. Le système peut détecter tout réflecteur plus grand que 5 ou 6 mm.

3. Afin de produire une version industrielle, des améliorations à apporter aux systèmes de tests à ultrasons et de traitement des données, ont été identifiées.

4. Le coût estimatif d'une unité commerciale a été établi aux environs de 150 000 $.

TITRE: REVUE DES TECHNIQUES DE POINTE D'EXAMEN NON DESTRUCTIF POUR L'INSPECTION EN COURS DE FONCTIONNEMENT DES PIPELINES AFIN DE DÉTECTER DES FISSURES SOUS-CRITIQUES - PHASE 2

EXÉCUTANT:	Welding Institute of Canada	N° DU DOSSIER:	9-9127	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	juin 80/jan. 81	CANMET:	14 955 $
SPÉCIALISTE DU CANMET:	V. Caron	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
		SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour oléoducs et gazoducs	TOTAL:	14 955 $

OBJECTIFS

Faire la revue des méthodes les plus modernes et mesurer les défauts sous-critiques dans les pipelines en fonctionnement au moyen de détecteurs mobiles automatiques introduits dans les canalisations.

Un programme de projets de recherche pertinents devait être soumis.

MÉTHODE

La revue comprenait:

1. Le dépouillement de la documentation disponible
2. Des rencontres avec les gens de l'industrie du pétrole et du gaz
3. La collecte d'information auprès des fabricants d'équipement commercial

RÉSULTATS

Le rapport offre un résumé de l'information recueillie sur les techniques et l'équipement employés pour l'inspection des pipelines en fonctionnement afin de détecter les différents défauts. Les méthodes qui se prêtent le mieux à l'inspection des fissures ont fait l'objet d'une revue et leur potentiel et leurs limites ont été indiqués.

La recherche est surtout effectuée par les principaux exploitants des pipelines.

Quatre programmes de recherche proposés son décrits sommairement.

1. Formation des courants de Foucault
2. Techniques à ultrasons pour la détection de fissures proches des soudures
3. Champs magnétiques résiduels
4. Meilleur traitement des données pour ce qui est des techniques de détection magnétique des fuites

TITRE: CONCEPTION ET FABRICATION D'UN SYSTÈME DE TÉLÉDÉTECTION AÉROPORTÉ DES FUITES DE GAZ OU DE PÉTROLE DANS LES PIPELINES

EXÉCUTANT:	Moniteq Ltd.	**N° DU DOSSIER:**	0-9103	**FINANCEMENT**
		COMMENCEMENT/FIN:	juin 81/mars 82	
				CANMET: 28 134 $
SPÉCIALISTE			TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE	MAS: 150 000
DU CANMET:	S.M. Till	SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	MOT: 25 500
		TECHNIQUE:	Matériaux pour oléoducs et gazoducs	TOTAL: 203 634 $

OBJECTIFS

Concevoir, fabriquer et tester (en laboratoire et sur le terrain) un système de télédétection aéroporté du gaz qui s'échappe de gazoducs. L'appareil (le GASPILS) a deux canaux pour détecter simultanément les fuites d'éthane et de méthane et doit être conçu pour fonctionner dans les dures conditions normalement trouvées à bord des avions et hélicoptères. La conception, la fabrication et les tests seront effectués de façon à établir et documenter le fonctionnement de l'appareil et à élargir la plage de fonctionnement utile au plus grand nombre possible de conditions atmosphériques, saisonnières et de surface.

MÉTHODE

Phase 1 - Le concept

1. Évaluation de la technique de corrélation avec le filtre de gaz
2. Calcul du modèle
3. Calcul du rapport signal/bruit et du pouvoir de détection
4. Conception du système optique
5. Conception du circuit de traitement du signal
6. Conception des éléments mécaniques
7. Étalonnage et programme des tests

Phase 2 - Conception détaillée, fabrication et tests en laboratoire

1. Conception des éléments optiques et mécaniques, avec plans détaillés
2. Conception des éléments électroniques et de traitement du signal
3. Évaluation en laboratoire de la performance
4. Assemblage de la documentation complète sur le détecteur (le design, les données d'essai, le fonctionnement, etc.)

RÉSULTATS

La mise au point a bien été. Le design a été mis au point et une démonstration en laboratoire a établi que le concept est bon. L'efficacité des nombreuses caractéristiques nouvelles du design a été établie (thermalisation de la cellule, séquence de fragmentation de la cellule et la construction, l'équilibrage électronique, de même que le logiciel de traitement, etc.).

Le rendement du détecteur a aussi été établi. La détection du méthane est aussi bonne que prévu et l'étude du rendement a conduit à envisager quelques changements (dimensions du détecteur, séquence de fragmentation, méthode de refroidissement du détecteur, etc.) susceptibles d'améliorer la sensibilité du détecteur sur ce canal.

L'efficacité du canal pour l'éthane a été établie. La sensibilité est inférieure à ce qu'on attendait, mais on tentera d'ajouter certaines caractéristiques pour en améliorer le fonctionnement.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Applications - détection des fuites dans le gazoducs à moindre coût par l'emploi d'un système aéroporté qui accélère considérablement la surveillance des pipelines.

Poursuite de la recherche - certaines entreprises publiques du secteur gazier et certaines entreprises du transport par pipeline se sont montrées vivement intéressées par l'appareil. Il est à espérer que des fonds seront disponibles pour tester sur le terrain et évaluer ce prototype en vue d'une éventuelle production en série.

TITRE: FATIGUE PAR CORROSION DE JOINTS TUBULAIRES DANS LES OUVRAGES OFFSHORE

EXÉCUTANT:	Université Memorial de Terre-Neuve	N° DU DOSSIER:	1-9090	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	déc. 81/jan. 83	CANMET:	54 624 $
SPÉCIALISTE DU CANMET:	O. Vosikovsky	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
		SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour les ouvrages offshore	TOTAL:	54 624 $

OBJECTIFS

1. Déterminer empiriquement et par une analyse par éléments finis, la concentration des contraintes sur des joints tubulaires monopodiques.

2. Déterminer l'effet de l'eau de mer froide (0°C) et du meulage au bord d'une soudure sur la durée de résistance à la fatigue de joints tubulaires monopodiques d'essai et comparer la durée mesurée aux données disponibles.

MÉTHODE

1. La concentration des contraintes a été mesurée par des indicateurs de contraintes sur chaque modèle testé et par une analyse par éléments exécutée avec le programme MCS/NASTRAN.

2. Quatre joints tubulaires - modèles ont été testés en eau de mer froide; trois ont été soumis à une amplitude constante de charge, l'autre à une amplitude qui variait au hasard. Deux joints étaient soudés, le deux autres soudés et rectifiés à la meule.

RÉSULTATS

1. Il y a une étroite correspondance entre les facteurs de concentration des contraintes tels que déterminés empiriquement et par l'analyse par éléments finis (entre 9 et 11,8).

2. À comparer à l'exposition à l'air libre, l'exposition à l'eau de mer froide n'a eu aucun effet important sur la durée de résistance aux contraintes. La durée prolongée de résistance prévue à la suite du meulage n'a pas été confirmée par les tests, peut-être parce que les parois des modèles étaient trop minces et que le meulage les a amincis à l'excès.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Les résultats contribuent à la détermination des courbes S-N employées pour le design de joints tubulaires pour les plate-formes offshore d'exploration et de production qui résistent mieux à la fatigue.

Dans le marché subséquent, la distribution des contraintes sur les zones tubulaires est examinée au moyen de l'analyse par éléments finis.

TITRE: RECENSEMENT DE LA DEMANDE EN PLAQUES D'ACIER POUR LES OUVRAGES OFFSHORE ET LES NAVIRES APPELÉS À NAVIGUER DANS L'ARCTIQUE

EXÉCUTANT:	Chinook Fuel Innovations Ltd.	N° DU DOSSIER:	1-9102	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/ FIN:	déc. 81/oct. 82	CANMET:	38 949 $
				EXÉCUTANT:	--
SPÉCIALISTE			TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE	AUTRES:	--
DU CANMET:	Dr. J.D. Boyd	SOUS-ACTIVITÉ:	Approvisionnement en pétrole	TOTAL:	38 949 $
		TECHNIQUE:	Matériaux pour les ouvrages offshore		

OBJECTIFS

1. Un recensement de la demande actuelle et prévue d'ici l'an 2000 en plaques d'acier pour les ouvrages offshore et les navires appelés à naviguer dans l'Arctique, par type, dimensions et quantité.

2. Évaluation de la demande en plaques épaisses (>25 mm) pour les ouvrages et navires en construction et à construire selon les spécifications, la fabrication, l'emploi et la quantité.

3. Évaluation de la capacité des entreprises canadiennes à répondre à la demande en plaques d'acier épaisses.

4. Identification des limites techniques et des problèmes correspondants en recherche.

MÉTHODE

1. Examen de la documentation.

2. Interviews avec les exploitants, les commanditaires, les aciéries, les architectes, les ingénieurs et les exploitants des chantiers navals.

3. Collecte, interprétation et évaluation de données obtenues de différentes sources.

RÉSULTATS

L'évaluation exhaustive du nombre de navires et d'ouvrages qui seront construits d'ici l'an 2000 pour l'exploitation pétrolière et minière dans le Nord a été obtenue. Une description sommaire de chaque plan est donnée et le tonnage requis en plaques d'acier est estimé selon la qualité et l'épaisseur des aciers requis.

La demande (tonnage total) d'ici l'an 2000 en plaques d'acier épaisses, 25 mm et plus, dans les trois principales catégories d'acier, devrait s'établir comme suit:

- Acier de qualité E: 42 260 tonnes.
- Acier de qualité EH36 (y compris le EH modifié): 192 250 tonnes,
- Acier à basse température: 146 485 tonnes.

En catégories d'épaisseur:

- 25 à 37 mm: 223 080 tonnes.
- plus de 38 mm: 157 915 tonnes.

Pour améliorer la position concurrentielle des chantiers navals canadiens face à l'étranger pour la construction de navires canadiens, il faut repenser en profondeur les accords d'aide financière qui doivent comprendre en premier lieu un prêt à court terme et à faible intérêt pour la durée de la construction. Pour que le Canada parvienne à se hisser dans le peloton de tête en technologie des ouvrages offshore et des navires appelés à naviguer dans les eaux froides ou dans l'Arctique, il faut créer une banque générale de données sur les régions froides. Les données seraient accessibles à tous les intéressés, aciéries, chantiers navals, fournisseurs, architectes navals, concepteurs et ingénieurs, exploitants, fabricants de pièces d'équipement et entreprises de fourniture de services.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Le rapport servira de référence lors de la planification des projets de recherche de CANMET sur les matériaux employés dans les ouvrages offshore et les navires appelés à naviguer dans l'Arctique.

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE

CHARBON

TITRE: DÉVELOPPEMENT, INSTALLATION ET EXPLOITATION D'UN SYSTÈME TÉLÉMÉTRIQUE DE SURVEILLANCE DE LA SUBSIDENCE

EXÉCUTANT:	Ecological and Resources Consultants Ltd.	N° DU DOSSIER:	8-9016	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	mars 79/août 81		
				CANMET:	103 630 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	M.Y. Fisekci	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Extraction	TOTAL:	103 630 $

OBJECTIFS

Développer, installer et exploiter un système télémétrique de la surveillance de la subsidence pour emploi en terrain difficile et sous les conditions rigoureuses de l'hiver dans la région des Rocheuses, dans l'ouest du Canada.

MÉTHODE

1. Construire et tester le prototype dans les locaux de l'exécutant.

2. Installer le prototype sur le panneau n° 5 de la nouvelle mine par abattage hydraulique aux environs de Sparwood, C.-B. Le système sera constitué de cinq moniteurs/détecteurs et pourra assurer la surveillance à distance au moyen de fréquences-radio.

RÉSULTATS

Les travaux accordés par marché pour le développement d'un système télémétrique de surveillance de la subsidence ont été complétés avec succès. L'installation finale du réseau télémétrique a aussi été terminée. Le réseau est en opération et doit servir à mesurer la subsidence en différents points de la mine au cours de la période 1981-1983 jusqu'à ce que le tassement soit terminé.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

De nouveaux marchés ont été accordés afin de garder le système en opération et de l'améliorer et afin de tester de nouveaux détecteurs souterrains.

TITRE: CARACTÉRISTIQUES DU MORT-TERRAIN DES GISEMENTS DU CHARBON DES PLAINES DE L'ALBERTA ET DE LA SASKATCHEWAN, QUI POURRAIENT LIMITER L'EMPLOI DES EXCAVATEURS À ROUES À AUGETS

EXÉCUTANT:	North American Mining Consultants Inc.	N° DU DOSSIER:	9-9148	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	juillet 80/mars 81		
				CANMET:	60 000 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	V. Srajer	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Extraction	TOTAL:	60 000 $

OBJECTIFS

Identifier les caractéristiques du mort-terrain dans les gisements de charbon des plaines de l'Alberta et de la Saskatchewan qui pourraient limiter l'emploi des excavateurs à roues à augets.

MÉTHODE

1. Examiner les résultats obtenus avec les excavateurs à roues à augets et déterminer les facteurs d'importance critique à l'application de cette méthode dans les gisements de l'Alberta et de la Saskatchewan.

2. Déterminer les tests standards et l'exploration des morts-terrains à effectuer avant l'extraction du charbon par les excavateurs.

3. Faire la revue de l'information géologique, hydrogéologique, topographique et climatique pertinente sur les gisements de charbon des plaines.

4. Identifier les éléments intéressants du mort-terrain et évaluer les facteurs de résistance à la coupe.

5. Préciser les régions où les propriétés minières qui se prêtent le mieux à l'extraction par excavateur à roues à augets.

RÉSULTATS

Les excavateurs à roues à augets peuvent être employés dans toutes les mines de charbon dans les plaines de l'Alberta et de la Saskatchewan. La meilleure partie des morts-terrains de toutes les mines de charbon des plaines peut être enlevée efficacement par les excavateurs. Plusieurs mines ont des couches plus résistantes qu'il faudra peut-être enlever avec de l'équipement auxiliaire.

Le rapport considère que le secteur de Wabamun, en Alberta, est le plus propice aux excavateurs. Il contient aussi des tables de la résistance à la coupe des morts-terrains de gisements de l'Alberta et de la Saskatchewan.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

La Transalta Utilities Ltd. de Calgary emploie les résultats de la recherche pour évaluer si la mine de Highvale peut être exploitée avec des excavateurs à roues à augets.

TITRE: ÉVALUATION DES PROBLÈMES ENCOURUS LORS DE LA PRÉPARATION DU CHARBON DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE

EXÉCUTANT:	Atlantic Coal Institute	N° DU DOSSIER:	0-9082	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	fév. 81/juin 82	CANMET:	18 000 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		MAS:	20 000
DU CANMET:	L.L. Sirois	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	DEVCO:	25 000
		TECHNIQUE:	Préparation	TOTAL:	63 000 $

OBJECTIFS

1. Déterminer sous quel type est trouvé le soufre des mines de charbon de la Nouvelle-Écosse (sous forme organique, de pyrite ou d'autres sulfates) et cumuler des données sur la quantité, l'importance et la ségrégation du soufre.

2. Déterminer s'il se trouve d'autres éléments indésirables comme l'uranium dans les gisements charbonniers de la Nouvelle-Écosse et corréler les données de façon à prévoir la quantité et la variabilité de ces substances.

3. Avec les données obtenues en 1 et 2 et après analyse de nouvelles carottes de sondage, évaluer les problèmes éventuels.

4. Corréler et évaluer les progrès au plan de l'extraction du soufre dans le charbon ou le coke (auprès de DEVCO, SYSCO et AGRIM).

5. Fournir l'évaluation sur le plan économique des différents modes de préparation du charbon et d'autres options comme l'emploi des lits fluidisés et la désulfuration des gaz de combustion qui pourraient servir à traiter les charbons de la Nouvelle-Écosse.

MÉTHODE

1. Calculer les coefficients de corrélation avec la distance dans quatre directions à partir du dosage du soufre contenu dans des échantillons prélevés dans les havages.

2. Déterminer le pourcentage de soufre organique par rapport aux autres formes dans les secteurs exploités.

3. Corréler les résultats obtenus jusqu'ici sur différents éléments comme l'uranium avec la profondeur et l'emplacement de la mine.

4. Déterminer le rapport entre les différentes formes du soufre dans les havages et le soufre dans la fraction obtenue par la méthode de séparation à liquide dense.

5. Déterminer la quantité totale de soufre dans le charbon et le rapport entre les différentes formes de soufre dans les charbon de différentes densités.

6. Évaluer les progrès sur le plan de l'extraction du soufre au cours de la préparation du charbon par la Cape Breton Development Corp.

RÉSULTATS

1. Les données montrent de grandes variations de la teneur en soufre du plafond au plancher dans la couche de charbon et aussi entre les différents points d'échantillonnage.

2. La teneur en soufre total à l'intérieur de la couche, comme dans l'échantillon de havage n° 5, varie de 6,91 % à 0,54 % et dans l'échantillon de havage n° 2, entre 3,32 % et 0,5 %.

3. La teneur moyenne en soufre total des points d'échantillonnage dans les havages variait entre 3,23 % dans l'échantillon n° 4 et 1,02 % dans l'échantillon n° 1.

4. La concentration de soufre augmente dans le haut et le bas de la couche.

5. Bien que la teneur en soufre pyritique et en soufre organique varie, on peut considérer que celle du soufre organique est relativement constante en comparaison de celle du soufre pyritique. Ainsi, quand il y a une augmentation importante du soufre total, celle-ci résulte généralement d'un accroissement correspondant de la teneur en soufre pyritique.

6. La moyenne arithmétique pondérée de tous les échantillons établit la teneur totale en soufre à 2,07 %, celle en soufre pyritique à 1,45 % et celle en soufre organique à 0,62 %.

7. Il n'y a pas de variations importantes de la teneur en soufre par rapport à la distance dans l'axe nord-sud ou dans l'axe est-ouest et aucune tendance n'a pu être dégagée.

8. La possibilité d'une relation linéaire entre le soufre total et le fer total a été envisagée.

9. Toutes les corrélations étaient statistiquement significatives; cependant, les marges d'erreur liées à la prévision de la teneur en soufre total liée à celle du fer étaient importantes et peu utiles pour la mesure de la concentration en soufre durant la préparation du charbon dans l'usine.

10. Le rapport indique que la concentration des éléments trouvés à l'état de traces dans les échantillons de charbon provenant du champ de Sydney est à peu près comparable à celle des autres gisements de la même qualité aux États-Unis. Le rapport fait aussi la com-

paraison des plages de concentration de 16 charbons bruts de la Nouvelle-Écosse avec celles de différents charbons bitumineux.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Le rapport a été distribué aux organismes intéressés. La recherche sera poursuivie par l'Atlantic Coal Research Group.

TITRE: DÉSHYDRATATION THERMIQUE DU LIGNITE - PHASE 4

EXÉCUTANT: Saskatchewan Power Corp.	N° DU DOSSIER:	0-9158	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	oct. 81/mars 82	
			CANMET: 105 117 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: 105 117
DU CANMET: J. Price	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Préparation	TOTAL: 210 234 $

OBJECTIFS

Examiner la faisabilité de la construction d'une installation d'enrichissement du lignite en Saskatchewan pour produire un combustible propre et sec qui produit moins de scories et d'encrassement que le lignite non enrichi. Le lignite enrichi serait d'une manutention commode qui coûterait moins cher à expédier et alimenterait des chaudières qu'on pourrait faire plus petites.

MÉTHODE

1. Évaluer l'état d'avancement du procédé.
2. Préparer le concept d'une installation d'enrichissement du lignite ayant une capacité de 150 tonnes à l'heure.
3. Préparer une estimation des coûts du procédé et des installations.
4. Sonder le marché et procéder à une analyse économique du procédé.
5. Remettre une évaluation du procédé, accompagnée de recommandations à propos de la recherche et du développement du projet.

RÉSULTATS

Dans le cours du procédé, le lignite ROM en bouillie est gardé à 350°C dans un réacteur pendant 12 minutes en présence de vapeur d'eau saturée et sous pression. L'humidité à l'équilibre est réduite à 14,8 % (au lieu de 33,5 % pour le lignite ROM), et la teneur en soufre et en métaux alcalins est réduite de plus de 50 %. La valeur calorifique est accrue d'environ 6 % et il n'y a plus de risques de combustion spontanée.

Le coût total de l'installation a été estimé à 176 000 000 $. Pour le lignite ROM à 10 $/t et à 5 % DCF ROI, le prix atteint 42,55 $/t. En plus d'économies par suite de la valeur calorifique accrue et de la teneur réduite en eau (ce qui réduit les frais de transport), d'autres économies sont prévues par suite de l'abaissement de la teneur en soufre et en métaux alcalins. Ce sont des économies au chapitre des frais généraux (entretien, disponibilité et investissements) de 0,56 $/t de lignite ROM de 0,32 $/t de lignite ROM par suite de la diminution de l'encrassement et de la formation de scories, et enfin, de 6,14 $/t de lignite ROM par suite de l'extraction du soufre.

De tous les clients éventuels (la SPC, les autres consommateurs de la Saskatchewan, l'Ontario et les nations du Pacifique), l'Ontario semble être celui qui offre les débouchés les plus intéressants, avec des besoins évalués à 4,7 millions de tonnes de lignite d'ici l'an 2000.

En plus des centrales, les petits clients industriels pourraient tirer profit du lignite enrichi étant donné que l'amélioration de la performance et les économies sont les plus importantes avec les petites chaudières moins efficaces.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

La phase 5 est engagée pour voir s'il est possible de réduire substantiellement la température dans les réacteurs et pour obtenir des données plus précises sur les niveaux de DBO dans l'effluent. Ce sont des paramètres importants des frais globaux d'investissement. Les travaux de la présente série ayant fait l'objet d'un marché ont été résumés dans les rapports suivants:

Phase 1: dossier n° 7-9128
Phase 2: dossier n° 8-9125-5
Phase 3: dossier n° 9-9164

TITRE: PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LA BATTERIE N° 6 DE L'ALGOMA STEEL CORPORATION LTD.

EXÉCUTANT: Algoma Steel Corporation	N° DU DOSSIER:	1-9113	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	fév. 82/mars 83	
			CANMET: 162 700 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: 162 700
DU CANMET: J.F. Gransden	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	MAS: 162 700
	TECHNIQUE:	Carbonisation	TOTAL: 488 100 $

OBJECTIFS

La pression excessive des gaz dans les fours à coke endommage ou détruit les parois de chauffe, ce qui fixe les limites de production et de qualité du coke. L'objectif est de définir les limites du fonctionnement sécuritaire.

MÉTHODE

Une batterie de fours à coke industriels toujours en opération, mais qui doit être remplacée bientôt a été employée pour cokéfier des mélanges peut-être dangereux de charbon dans différentes conditions d'opération. La pression des gaz et la température au centre du four ont été mesurées continuellement, avec d'autres données d'exploitation.

RÉSULTATS

Les pressions enregistrées ont servi à déterminer les efforts maximaux exercés sur les parois du four. Les limites de sécurité pour les mélanges de charbon et les conditions d'exploitation ont ensuite été définies. L'expérience a permis d'identifier un bon nombre de mélanges ayant une utilité commerciale et qu'on croyait dangereux.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

La pression des gaz dans des fours-pilotes durant la cokéfaction de mélanges industriels est obtenue et est ensuite comparée aux pressions en conditions réelles. Les fours-pilotes peuvent alors servir à déterminer la sécurité des mélanges.

TITRE: **RÉACTIVITÉ DU LIGNITE - PHASE 3**

EXÉCUTANT: Saskatchewan Power Corp.

SPÉCIALISTE DU CANMET: L. Mysak

N° DU DOSSIER: 9-9153
COMMENCEMENT/FIN: mai 80/nov. 81

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE
SOUS-ACTIVITÉ: Charbon
TECHNIQUE: Gazéification

FINANCEMENT

CANMET:	97 455 $
EXÉCUTANT:	--
AUTRES:	--
TOTAL:	97 455 $

OBJECTIFS

Déterminer la distribution des éléments toxiques à l'état de traces dans le goudron, les cendres et les gaz produits par la gazéification afin d'évaluer leur impact potentiel sur l'environnement.

Les résultats obtenus sur les effluents ont été comparés à ceux de plusieurs gazéificateurs-pilotes et de grandeur réelle.

MÉTHODE

1. Un gazéificateur par lots (diamètre interne de 51 mm) a été modifié de façon à ce qu'il soit alimenté continuellement en charbon.

2. Les lignites Coronach et Estevan ont été gazéifiés avec des mélanges d'air-vapeur dans diverses conditions d'opération. Les gaz produits ont été recueillis à intervalles réguliers et analysés par chromatographie en phase gazeuse. La teneur en carbone et en constituants majeurs et mineurs des cendres résiduelles a été mesurée. Les échantillons de goudron ont été examinés pour trouver l'effet des variables du procédé sur la composition et la formation des goudrons.

3. Les éléments toxiques à l'état de traces dans le charbon, le goudron, les cendres et les gaz ont été dosés dans trois échantillons choisis de chaque charbon.

RÉSULTATS

La composition des condensats obtenus lors de la gazéification de lignites de la Saskatchewan s'apparente bien à celle de l'eau de lavage et de l'eau d'extinction produites par les gazéificateurs de grande échelle à lit fixe. La comparaison de la concentration d'éléments lourds avec les normes prescrites dans les objectifs canadiens sur la qualité de l'eau potable et les normes américaines montre que seulement l'arsenic, le bore et le chrome ont des concentrations en excès. De fortes concentrations de chrome résulteraient du fort rapport de la surface au volume des réacteurs à l'échelle du laboratoire. Les fortes concentrations d'arsenic et de bore seraient directement apparentées à leur forte concentration dans les lignites canadiens. La teneur en matière organique du condensat est semblable à ce qui a été observé pour d'autres gazéificateurs à lit fixe.

Différents éléments comme le mercure, le sélénium, le plomb, le fluor et l'antimoine ne sont pas davantage concentrés dans les cendres que dans le charbon d'origine. Ceci traduit la grande volatilité de ces éléments, à l'exception de l'arsenic. Les problèmes environnementaux potentiels qui sont associés aux cendres du gazéificateur tiennent au lessivage et sont de même nature que ceux éprouvés pour l'élimination des cendres produites par les installations classiques au charbon.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Étant donné le peu d'expérience acquise au Canada et aux États-Unis avec les installations de gazéification du charbon, le volume produit et la signification des émissions sont encore mal cernées. La présente recherche pointe vers des risques potentiels induits par des éléments toxiques à l'état de traces dans les résidus solides de la gazéification et dans les effluents de lavage et d'extinction.

Prolongement du marché - phase 2: dossier n° 8-9125-1.

TITRE: ÉLABORATION DE PARAMÈTRES POUR LE CONTRÔLE DE LA GAZÉIFICATION SUR LIT FLUIDISÉ ET POUR LA COMBUSTION DE GAZ DE HOUILLE AVEC DES CHARBONS CANADIENS DE DIFFÉRENTES QUALITÉS - PHASE 4

EXÉCUTANT: ASECOR Ltd.	N° DU DOSSIER:	0-9140	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	juin 81/mars 82	
			CANMET: 15 980 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: --
DU CANMET: L. Mysak	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Gazéification	TOTAL: 15 980 $

OBJECTIFS

1. Se livrer à des expériences de gazéification du charbon sur lit fluidisé et comparer les résultats avec ceux d'un modèle mathématique.

2. Étudier en détail le champ de combustion des gaz de houille dans un combusteur du type turbine à gaz et faire les rapprochements entre les caractéristiques de la combustion et la structure de la flamme.

MÉTHODE

Un gazéificateur à lit fluidisé de 7 cm de diamètre intérieur et de 98 cm longueur a servi à l'obtention de données détaillées pour fins de comparaison avec les résultats théoriques. Pour donner de la valeur à la comparaison, les chercheurs ont tenté de faire fonctionner le gazéificateur de façon constante pendant une durée raisonnable.

Un dispositif d'essai en combusteur a été employé pour étudier la mécanique thermique et la mécanique des fluides à l'intérieur de l'appareil. Le combustible a été obtenu en mélangeant du CO, du H_2 et du CO_2 contenu dans des bombonnes dans les proportions normalement observées dans les gaz produits par des gazéificateurs de charbon à lit fluidisé et alimentés en oxygène.

RÉSULTATS

Malgré certaines modifications apportées au gazéificateur, il a été conclu que cet appareil n'offre pas la possibilité de fonctionner assez longtemps comme lit fluidisé dans des conditions stables pour permettre la tenue des tests nécessaires à la comparaison avec des résultats théoriques. Les raisons de cette insuffisance sont étudiées et des recommandations visant les perfectionnements qu'un nouvel appareil devrait offrir sont esquissées.

Par suite des difficultés éprouvées au niveau expérimental, le protocole d'expérience a été modifié de façon à ce que soit tracée une comparaison des résultats théoriques avec les résultats empiriques dont il est fait mention dans les publications.

Il a été constaté qu'il était impossible de se livrer à une comparaison exhaustive car il manque des données empiriques publiées. Les résultats empiriques et l'information concernant le fonctionnement des appareils commerciaux sont très limités (fait encore plus important, chaque fois qu'on en trouve, les résultats sont incomplets); cette carence en données de base nous empêche de choisir les données nécessaires (p. ex., les propriétés du charbon, les variables indépendantes des procédés, etc.) qui permettraient de passer des programmes sur ordinateur et d'obtenir les résultats théoriques correspondants. Les résultats obtenus avec le combusteur sont imcomplets et il est impossible de parvenir à une recommandation ou à une conclusion finale à propos des conditions optimales de fonctionnement. Cependant, il a été possible d'observer que des variations de paramètres choisis produisaient des effets réels et observables. Les mesures de température au moyen d'une sonde à thermocouple à aspiration et les tests de vitesse au moyen d'une sonde à deux et à cinq perforations sont donnés. Trois composantes de vitesse sont présentées. Les quelques premières sections du combusteur comportaient des zones de recirculation et les paramètres correspondants d'écoulement avaient des gradients prononcés. Plus loin, la vitesse axiale était très stable malgré certaines variations et les composantes de vitesse radiale et circonférentielle persistaient jusqu'à la sortie du combusteur. Dans les travaux en cours, l'étude de la variation des paramètres intéressants sera menée à terme, leurs effets entièrement documentés et des comparaisons seront établies.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Aider à constituer une expertise canadienne dans le domaine de la conversion du charbon. Prolongement du:

Marché, phase 2; dossier n° 8-9112
Marché, phase 3; dossier n° 9-9149

TITRE: **ÉVALUATION TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DU SYSTÈME DE GESTION DES RESSOURCES ET DE L'ÉNERGIE**

EXÉCUTANT: R.H. Shannon & Associates	N° DU DOSSIER:	0-9146	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	oct. 81/déc. 82	
			CANMET: 124 533 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		AOSTRA: 123 666
DU CANMET: M. Skubnik	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	NORCEN: 123 666
	TECHNIQUE:	Gazéification	TOTAL: 371 865 $

OBJECTIFS

Ce projet, financé à part égale par le CANMET, l'AOSTRA et Norcen, devrait livrer une évaluation technique, une estimation des coûts et une évaluation économique de la production de brut synthétique à partir de sables bitumineux et/ou d'huile lourde. Avec le système de gestion de l'énergie et des ressources, ce projet devrait:

1. Porter sur des niveaux de production à petite échelle, entre 950 et 4000 m^3 de brut synthétique par jour.

2. Comparer l'emploi du charbon à celui du gaz naturel comme source externe d'énergie.

3. Appliquer les techniques d'addition de l'hydrogène pour l'amélioration du bitume.

4. Minimiser ou supprimer la nécessité d'éliminer les matières solides carbonées ou des résidus lourds et des polluants sulfureux afin d'améliorer le rendement, d'abaisser les coûts et de minimiser l'impact sur l'environnement.

MÉTHODE

En principe, l'étude devrait seulement s'appliquer aux procédés prouvés ou les plus prometteurs d'extraction, de récupération et d'amélioration du bitume/huile lourde, de gazéification des résidus lourds/charbon, de lavage des gaz, de la production d'électricité et de vapeur dans un cycle combiné et de la production d'hydrogène et d'oxygène par l'électrolyse de l'eau.

En premier lieu, les exécutants contractuels devraient préciser les caractéristiques des installations de production avec la Norcen et l'AOSTRA. Deuxièmement, ils devraient réunir les données et exigences de base à communiquer aux distributeurs des procédés. Troisièmement, toute l'information devrait être organisée et les installations intégrées devraient être conçues autour:

1. De l'huile brute de Lloydminster et du gaz naturel, avec une capacité de 950 m^3 de brut synthétique par jour;

2. De sables bitumineux de Cold Lake et de charbon de Foothill, avec une capacité de 3180 m^3 de brut synthétique par jour.

En outre, les exécutants devraient fournir une estimation des frais d'investissement et des coûts d'exploitation, analyser les options et préparer des évaluations économiques.

RÉSULTATS

1. Le système de gestion des ressources et de l'énergie avec l'amélioration par l'addition d'hydrogène peut conduire à un rendement atteignant 95 % de brut synthétique.

2. Les coûts directs d'exploitation peuvent varier entre 75 et 88 $ par m^3 de brut synthétique.

3. Les frais d'investissement (1982) devraient s'établir comme suit:

   Huile lourde de Lloydminster/gaz naturel
   - 950 m^3/jour: 250 000 $ jour/m^3

   Sables bitumineux de Cold Lake/charbon de Foothill
   - 3180 m^3/jour: 340 000 $ jour/m^3

   (Par comparaison, les coûts pour des mégaprojets de même nature atteindraient 630 000 $ jour/m^3.)

4. Les installations de production à petite échelle peuvent comporter d'autres avantages:

   a) conception modulaire
   b) fabrication de l'équipement dans les ateliers
   c) établissement d'un fonds de roulement en 3 ou 4 ans.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

L'étude a aidé à comparer la dimension économique de ce nouveau concept à petite échelle à celle des mégaprojets mis au rancart. La réalisation de concepts semblables au Canada devrait avoir lieu bientôt.

TITRE: FAISABILITÉ DE LA CONCEPTION D'UNE INSTALLATION EXPÉRIMENTALE DE TRAITEMENT CONDUISANT À LA COMMERCIALISATION D'UN GAZÉIFICATEUR À LIT À JET D'AIR - PHASE 1

EXÉCUTANT: SNC Inc.	**N° DU DOSSIER:**	1-9063	**FINANCEMENT**
	COMMENCEMENT/FIN:	fév. 82/déc. 82	
			CANMET: 79 499 $
SPÉCIALISTE	**TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE**		**EXÉCUTANT:** --
DU CANMET: M. Skubnik	**SOUS-ACTIVITÉ:**	Charbon	**AUTRES:** --
	TECHNIQUE:	Gazéification	**TOTAL:** 79 499 $

OBJECTIFS

1. Calculer la faisabilité de la conception d'une installation expérimentale de traitement de 12 tonnes/jour pour la gazéification du charbon sur lit à jet d'air.
2. Préparer une conception préliminaire d'une installation expérimentale de traitement.
3. Préparer une estimation des coûts d'investissement et d'exploitation.
4. Choisir un emplacement pour la construction éventuelle de l'installation expérimentale de traitement.

MÉTHODE

1. Examen des données empiriques recueillies à l'Université de la Colombie-Britannique.
2. Examen des équations caractérisant la conception et le passage de l'installation expérimentale de traitement à une échelle supérieure, de 0,9 t/j à 12 t/j.
3. Conception du réacteur, stockage du charbon, matériel de broyage et d'alimentation, alimentation en gaz et en vapeur d'eau, nettoyage des gaz produits, circuits de refroidissement et d'élimination des gaz et des cendres produites.
4. Estimation des coûts d'investissement et d'exploitation pour une expérience de 3 ans.
5. Choix du meilleur emplacement possible sur la côte ouest.

RÉSULTATS

Il ressort à l'analyse que le concept Uemaki-Kugo fournit l'équation de design la mieux ajustée pour un gazéificateur à lit à jet d'air. Avec l'application d'une méthode d'analyse à modèle sans dimensions, les dimensions prises par le réacteur pilote ayant une capacité de 12 t/j et traitant des particules de 6,4 à 1,0 mm atteignent:

Diamètre	1,0 m
Hauteur	7,5 m
Diamètre de l'orifice d'admission des gaz	0,15 m
Hauteur totale	9,8 m

L'étude recommande la construction du réacteur pilote dans le parc industriel de Duke Point sur l'Île de Vancouver. Le réacteur coûterait 1 800 000 $ à la construction et 1 500 000 $ en frais annuels d'opération.

L'exécutant a aussi créé un modèle mathématique du gazéificateur de charbon à lit à jet d'air. Cependant, quand le modèle a été testé, il n'a pas fourni certaines données critiques comme la composition et les profils de température et de chute de pression, non plus que les données cinétiques pertinentes.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Le CANMET abandonne la recherche sur la conception détaillée du gazéificateur (phase 2). Un autre marché convenu avec l'Université de la Colombie-Britannique (contrat n° 2-9000) devrait produire des données plus utiles au passage à une échelle supérieure et en plus, montrer la supériorité du procédé à lit à jet d'air sur les autres procédés connus de gazéification du charbon.

TITRE: POTENTIEL DE LIQUÉFACTION DES CHARBONS DE MAUVAISE QUALITÉ COMME SOURCE FUTURE DE COMBUSTIBLES LIQUIDES SYNTHÉTIQUES - PHASE 2

EXÉCUTANT: Beak Consultants Ltd.	**N° DU DOSSIER:**	8-9024	**FINANCEMENT**
	COMMENCEMENT/FIN:	août 78/mars 80	
			CANMET: 113 782 $
SPÉCIALISTE	**TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE**		**EXÉCUTANT:** --
DU CANMET: J.F. Kelly	**SOUS-ACTIVITÉ:**	Charbon	**AUTRES:** --
	TECHNIQUE:	Liquéfaction	**TOTAL:** 113 782 $

OBJECTIFS

Les principaux objectifs expérimentaux de la présente étude étaient:

1. Améliorer les conditions de réaction de la phase 1 en faisant fonctionner le système d'autoclave en employant le mode semi-continu par l'écoulement du gaz d'entrée dans la bouillie agitée stationnaire.

2. Tempérer les conditions d'opération par l'emploi de catalyseurs.

3. Améliorer par des catalyseurs les produits liquides dérivés du charbon.

4. Comparer la réactivité d'un lignite de la Saskatchewan (Estevan) à des lignites du Dakota-nord (Zap et Gascoyne).

5. Caractériser le comportement d'une huile recyclée simulée.

En outre, les techniques de séparation et de caractérisation employées auparavant pour les liquides dérivés du charbon ont été décrites, une revue de la catalyse homogène et de ses applications à la liquéfaction du charbon a été menée et une liste des brevets canadiens et américains ayant trait à la liquéfaction du charbon a été constituée.

MÉTHODE

Les expériences en laboratoire ont été menées sur:

1. L'amélioration catalytique des produits primaires de la liquéfaction.

2. La comparaison des caractéristiques de liquéfaction des lignites Estevan, Zap et Gascoyne.

3. La production et emploi d'huile recyclée comme solvant porteur.

4. La liquéfaction catalytique primaire du lignite Estevan.

RÉSULTATS

Un certain nombre de résultats intéressants ont été obtenus:

1. L'hydrogénation ne pouvait se produire efficacement que lorsque la teneur en azote était assez faible (0,3 %). La concentration d'oxygène était toujours réduite à un niveau inférieur à celui trouvé dans le produit employé pour la liquéfaction primaire initiale; la désoxygénation se produisait probablement via le craquage catalytique des liquides avec la formation de CO_2 dans tous les cas et parfois de CO. L'addition d'hydrogène impliquait un certain transfert autogène.

2. À la comparaison des comportements, il a été trouvé que le lignite de Gascoyne était le plus réactif. Du CO était consommé dans tous les cas sauf avec le lignite Zap à basse température de liquéfaction (653°K). Les fractions distillées des produits liquides étaient très oxygénées, même dans les fractions légères. Les rapports pondéraux H/C s'échelonnaient entre 0,076 % et 0,083 % pour les fractions légères, et entre 0,058 % et 0,062 % pour les résidus lourds.

3. Une huile recyclée simulée a été produite; elle était composée à 50 % d'huile dérivée de la liquéfaction du lignite et à 50 % d'huile dérivée de l'huile d'anthracène traitée dans des conditions de liquéfaction. Quand elle était employée comme solvant porteur pour la liquéfaction du lignite, on observait un abaissement du rendement en fractions solubles dans le benzène (de 49 % à 40 %) dans les conditions employées, à comparer à ce qui était observé quand l'huile d'anthracène brute était employée comme porteur.

4. Les essais de liquéfaction catalytique primaires ont donné des rendements semblables aux essais sans catalyseur, c'est-à-dire que la rigueur des conditions d'expérience a été effectivement atténuée. Il faudra poursuivre la recherche afin d'élucider le lien entre le catalyseur et les caractéristiques comme donneurs de protons de l'huile ou du matériel résineux dérivé du lignite et employés comme porteurs. Il a aussi été observé qu'afin d'obtenir une forte teneur en hydrogène dans les liquides, il était nécessaire de procéder à une dé-azotation préliminaire qui s'est révélée très efficace.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Les résultats obtenus lors d'expériences en autoclave par lots ont servi à la conception et à la construction d'une unité de liquéfaction du charbon à écoulement continu ayant une capacité nominale de 10 kg/h.

Cette recherche fait suite au marché n° 7-9059.

TITRE: ÉVALUATION TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DE LA PRODUCTION DE PÉTROLE À PARTIR DE CHARBON CANADIEN DE QUALITÉ INFÉRIEURE - PHASE 1

EXÉCUTANT:	Sandwell Beak Research Group	N° DU DOSSIER:	8-9125-2	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	avril 79/mars 81	CANMET:	375 854 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	375 854
DU CANMET:	J. Kelly	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Liquéfaction	TOTAL:	751 708 $

OBJECTIFS

Conception, construction, assemblage, test et mise en service d'une unité de liquéfaction du charbon à écoulement continu de 10 kg/h afin de:

1. Constituer un système à fonctionnement sécuritaire pour de longues périodes dans des conditions contrôlées afin de produire les données nécessaires au passage à l'échelle-pilote qui aurait une capacité de 5 à 20 t/j.

2. Disposer d'un outil pour la caractérisation des différents charbons quant à leur potentiel de produire des combustibles synthétiques.

MÉTHODE

1. Revue des unités semblables exploitées par des organismes américains de recherche

2. Formulation d'une conception et de critères d'exploitation

3. Construction et choix de l'équipement

4. Tests pré-mise en service.

RÉSULTATS

La conception de l'unité de développement du procédé se fonde sur les conditions auxquelles la production maximale de liquide a été obtenue lors de tests non catalytiques avec le lignite, l'huile d'anthranène et un mélange de CO/H_2.

L'unité a été conçue de façon à être très souple; par exemple, on peut surveiller un seul module ou l'ensemble du procédé, calculer les bilans de masse et d'énergie, apprécier le rendement de l'équipement, changer facilement les paramètres de fonctionnement, modifier et réparer un module donné sans toucher aux autres.

L'unité a démarré en février 1981 et la mise en service a commencé avec deux passages avant que le marché ne soit échu.

TITRE: ÉVALUATION ET COMPARAISON DES COÛTS DE PRODUCTION DE COMBUSTIBLES LIQUIDES À PARTIR DE CHARBON ET DE SABLES BITUMINEUX EN ALBERTA - PHASE 1

EXÉCUTANT: Dynawest Projects Ltd.	N° DU DOSSIER:	1-9059	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	fév. 82/mars 82	
			CANMET: 53 262 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: --
DU CANMET: H. Sawatzky	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Liquéfaction	TOTAL: 53 262 $

OBJECTIFS

Comparer un sable bitumineux à une installation de liquéfaction du charbon, tous deux livrant des produits de qualité équivalente employés comme matière première transformée en carburant dans des raffineries. Il s'agissait de comparer les bilans énergétiques et de masse, les conséquences environnementales et le coût des deux approches, étape par étape, à partir de la préparation du terrain jusqu'à l'obtention des produits finis. La comparaison des coûts était la plus importante.

Il était prévu que toutes les données seraient puisées dans des publications à circulation non restreinte.

MÉTHODE

Dans cette étude, la base de comparaison a été fixée à 120 000 barils par jour de brut synthétique. C'était l'échelle proposée pour le projet Alsands. La plupart des données ayant trait à l'usine de conversion du sable bitumineux ont été tirées des documents remis au Alberta Energy Resources Conservation Board par le consortium Alsands. Dans la première phase de l'étude, la technique de liquéfaction "H-Coal" a été retenue et les données tirées d'une étude effectuée par la Flour Corp. pour le compte de l'Electric Power Research Institute (EPRI) ont été employées pour le passage à l'échelle supérieure de 120 000 barils par jour de capacité. Pour l'opération de liquéfaction, le charbon sub-bitumineux de Picardville a été choisi; il est semblable au charbon de Syodak pour lequel nous possédons une quantité impressionnante de données. Les produits de liquéfaction du charbon ont été davantage hydrotraités que les produits des sables bitumineux de façon à ce qu'ils aient au moins la même qualité.

RÉSULTATS

Les investissements à consentir pour l'extraction ont été chiffrés à 750 000 000 $ et 395 000 000 $ pour les sables bitumineux et pour les opérations de liquéfaction du charbon, respectivement. Pour le traitement du minerai, ils ont été chiffrés à 515 000 000 $ et 1 180 000 000 $, et à 1 500 000 000 $ et 1 755 000 000 $, respectivement, pour les traitements pétro-chimiques respectifs. Le coût en capital global des opérations s'est chiffré à 7 345 000 000 $ et à 8 070 000 000 $ respectivement. Cependant, il a été constaté qu'une opération d'exploitation des sables bitumineux du gisement d'Athabasca n'était possible qu'avec la mise en place d'une importante infrastructure au coût de 963 000 000 $ qui ne trouverait pas son pendant avec une usine de liquéfaction qui exploiterait le charbon de Picardville.

Les frais annuels d'exploitation ont été estimés à 478 000 000 $ et 750 000 000 $ pour les sables bitumineux et les usines de liquéfaction du charbon, respectivement.

Les données sur le coût d'amélioration des produits liquides obtenus du charbon n'étaient pas disponibles et il a donc fallu procéder à partir de certaines hypothèses.

TITRE: EFFICACITÉ DU PROCÉDÉ D'EXTRACTION GAZEUSE SUPERCRITIQUE AVEC LES CHARBONS CANADIENS - SUITE

EXÉCUTANT: Raylo Chemicals Ltd.	N° DU DOSSIER:	0-9111	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	mars 81/mars 82	
			CANMET: 208 100 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: --
DU CANMET: A. George	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Liquéfaction	TOTAL: 208 100 $

OBJECTIFS

1. Déterminer l'effet de la composition du gaz supercritique sur le rendement des liquides dérivés du charbon.

2. Déterminer l'effet de la température jusqu'à 600°C et des pression jusqu'à 41,4 MPa sur le rendement des liquides dérivés du charbon.

3. Réunir assez de données analytiques sur les produits d'extraction pour permettre une évaluation préliminaire.

MÉTHODE

La méthode d'extraction employée est la méthode semi-continue par laquelle le charbon broyé (grosseur maximum: 3,175 mm) est introduit dans le réacteur et le milieu d'extraction est amené à circuler continuellement et à la pression voulue dans la couche de charbon.

RÉSULTATS

L'extraction gazeuse supercritique du charbon subbitumineux de Forestburg avec le toluène modifié par l'addition d'un à 25 % d'un co-solvant a été effectuée afin de définir les propriétés d'un milieu d'extraction qui serait efficace. L'addition d'initiateurs à radical libre n'a pas amélioré la pyrolyse du charbon, mais a contribué à la formation de bibenzyle, un produit de la décomposition du toluène. De façon générale, les composés polaires n'ont pas amélioré la pyrolyse ni aidé à la récupération des liquides dérivés du charbon. Cependant, le tétrahydrofuranne semble avoir eu un effet positif sur la récupération des liquides dérivés du charbon. La modification des solvants avec le tétrahydronaphthalène (la tétraline) donneur d'hydrogène a assuré une pyrolyse beaucoup plus poussée. Pour des résultats optimaux, il fallait ajouter 8 à 10 % en poids de tétraline. Deux autres solvants donneurs d'hydrogène dont l'emploi était considéré, l'indane et la décaline ont eu peu ou pas d'effet sur la pyrolyse du charbon ou l'isolement de liquides dérivés du charbon.

Les études visant à établir s'il est possible d'étendre la plage des températures de l'extraction supercritique au toluène du charbon subbitumineux de Forestburg ont mené à la conclusion que la température optimale d'extraction est située entre 400 et 420°C. Au-delà de 450°C, il se produisait une polymérisation thermique du toluène. Les essais visant à élargir la plage de pression de l'extraction jusqu'à 31,0 MPa ont mené à la conclusion que la pression optimale varie entre 15,9 et 20,7 MPa. Toute pression en excès de 20,7 MPa n'augmentait pas sensiblement la récupération des liquides dérivés du charbon.

Les liquides dérivés du charbon de Forestburg obtenus lors des tests d'extraction supercritique au toluène à des températures variant entre 350°C et 450°C et des pressions variant entre 7,6 et 31,5 MPa, ont été réunis et analysés selon les techniques standards. L'extraction aux solvants a montré que les liquides étaient composés à 50 % environ de matériel soluble dans le pentane (de l'huile ou du maltène), à 25 % d'asphaltène, à 10 % de préasphaltène et à environ 10 % d'un résidu insoluble dans le tétrahydrofuranne. Le poids moléculaire moyen de l'huile était de 267 et le rapport H/C s'établissait à 1,37 (0,78 pour le charbon au commencement des tests). La chromatographie en phase liquide de l'huile a montré que les composés polaires constituaient environ 32 % de l'échantillon total.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Les travaux sont poursuivis. Le présent marché est le prolongement du marché n° 8-9091 et du marché 9-9169.

TITRE: CARACTÉRISATION DES RÉSIDUS SOLIDES PRODUITS PAR LA LIQUÉFACTION DU CHARBON - PHASE 2

EXÉCUTANT: Université de Regina	N° DU DOSSIER:	0-9160	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	juin 81/mars 82	
			CANMET: 67 465 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: --
DU CANMET: J.T. Price	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Liquéfaction	TOTAL: 67 465 $

OBJECTIFS

1. Examen microscopique des matières premières employées et des résidus produits par les exécutants contractuels engagés dans le programme de liquéfaction du charbon. Les résidus analysés au microscope proviennent des travaux:

   a) de l'hydrogénation de charbon de différentes qualités avec l'huile d'anthracène et d'autres solvants;
   b) de la liquéfaction catalytique du charbon;
   c) de l'extraction gazeuse supercritique du charbon.

2. Examen des rapports entre la composition de la matière première et les fractions liquides et les produits solides obtenus.

3. Mesure de l'efficacité des procédés de liquéfaction par l'examen visuel de la quantité de charbon par rapport aux produits obtenus par les solvants dans les résidus solides.

MÉTHODE

Les échantillons ont été conditionnés pour l'analyse visuelle conformément aux méthodes décrites par l'ASTM. Les mesures de réflectance ont été enregistrées et les analyses qualitatives ont été menées sur les matières premières avec les techniques d'ICCP. Les particules résiduelles ont d'abord été classées en éléments isotropes et en éléments anisotropes, et subdivisées selon leur caractère morphologique. Les analyses SEM-EDAX des éléments trouvés à l'état de traces ont été effectuées sur certains échantillons de façon à obtenir une corrélation entre les résultats au microscope optique et les résultats du SEM, comme pour concourir à préciser la nature ou l'origine des résidus.

RÉSULTATS

Les propriétés optiques des résidus de la liquéfaction varient avec la source d'alimentation et les conditions de traitement. Les résidus insolubles THF produits par l'hydrogénation du charbon sub-bitumineux ou du lignite dans l'huile d'anthracène sont constitués de carbone amorphe isotrope parsemé de substances minérales finement divisées et trouvées en abondance. À pression égale, l'élévation de la température de réaction produit un carbone encore plus anisotrope. Les charbons sub-bitumineux produisent davantage de charbon inaltéré, de substances minérales et de semi-coke, mais du carbone moins isotrope. Les études d'hydrogénation catalytique des charbons bitumineux contenant beaucoup d'inertinite ont aussi montré que le principal constituant du résidu est le carbone isotrope parsemé de substances minérales de taille infime. Il a été possible d'identifier certains macéraux de charbon à inertinite altéré et non altéré. Il y a de moins en moins de charbon inaltéré à mesure que le traitement est prolongé. L'anisotropie du semi-coke augmentait avec la température, avec le rapport solvant/charbon et avec la durée de traitement. L'emploi de différents catalyseurs modifiait les quantités respectives de constituants dans le résidu. Les études d'extraction gazeuse supercritique de charbon ont montré qu'il était possible de détecter par des moyens pétrographiques l'efficacité de certains solvants donneurs d'ions hydrogène, mais que ce résultat était impossible avec le mélange tétraline/toluène. Les analyses SEM-EDAX des éléments à l'état de traces sont en bon accord avec les données pétrographiques et elles se sont révélées particulièrement commodes pour discerner la nature des structures du carbone isotrope.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Toujours dans le cadre des projets de liquéfaction appuyés par le CANMET, la caractérisation microscopique de la source et de la nature des matériaux qui ne sont pas liquéfiés se poursuit à l'Université de Régina en 1982/1983. Ces études sont essentielles à l'optimisation des processus de conversion du charbon.

DOCUMENTS À L'APPUI

Rapport final: "Caractérisation des résidus solides obtenus avec les processus de liquéfaction du charbon - phase 1". Dossier n° 9-9177.

TITRE: DÉVELOPPEMENT DE NOUVELLES MÉTHODES D'EXTRACTION DE L'OXYGÈNE DANS LES CHARBONS

EXÉCUTANT: SNC Ltd.	N° DU DOSSIER:	8-9090	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	août 79/déc. 81	
			CANMET: 38 000 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: --
DU CANMET: E. Furimsky	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Liquéfaction	TOTAL: 38 000 $

OBJECTIFS

Développer de nouvelles méthodes d'extraction de l'oxygène dans les charbons de mauvaise qualité afin d'augmenter la valeur calorifique et d'améliorer les propriétés de liquéfaction des charbons.

MÉTHODE

Traitement d'échantillons de charbon par des solutions aqueuses de différents agents de réduction à une température variant entre 150 et 250°C.

Analyse en dernière étape des échantillons traités et non traités.

RÉSULTATS

Des différents agents réducteurs employés, seulement le sulfate ferreux a eu des effets avantageux. L'extraction d'une bonne quantité d'oxygène du lignite a été obtenue.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

L'approche retenue est maintenant employée pour l'extraction de l'oxygène dans plusieurs charbons de mauvaise qualité. En outre, plusieurs sels de fer sont testés comme agents réducteurs possibles.

TITRE: PRÉPARATION ET TEST POUR LA COMBUSTION DE MÉLANGES CHARBON-PÉTROLE PAR LE BROYAGE CONTINUEL DU CHARBON DANS LE PÉTROLE

EXÉCUTANT: General Comminution Inc.	N° DU DOSSIER:	9-9166	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	avril 80/juin 82	
			CANMET: 72 014 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: 72 014
DU CANMET: G.N. Banks	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Combustion	TOTAL: 144 028 $

OBJECTIFS

Recueillir suffisamment de données sur le rendement et sur le passage à l'échelle réelle d'un broyeur Szego afin de préparer la conception fonctionnelle d'un broyeur commercial qui servirait à préparer les mélanges charbon-liquide pour alimenter les chaudières des producteurs d'électricité ou de l'industrie.

MÉTHODE

1. Recueillir les données sur le rendement du broyeur expérimental avec du charbon Minto du Nouveau-Brunswick et du charbon Coal Valley d'Alberta mélangés au fuel-oil n° 4 et n° 6 et à l'eau.
2. Dessiner et construire un prototype plus gros.
3. Effectuer des tests de broyage avec ce prototype afin de confirmer et d'améliorer les corrélations avec les paramètres assurant le passage à grande échelle.
4. Préparer un plan de passage à grande échelle.
5. Préparer une conception fonctionnelle d'un broyeur d'importance commerciale avec une estimation de son coût de fabrication.

RÉSULTATS

1. Plus de 250 passages expérimentaux ont été effectués avec le broyeur de 22 cm de diamètre. Les données obtenues ont confirmé celles d'expériences antérieures.
2. Un broyeur de 45 cm de diamètre, capable de traiter 1 à 4 tonnes de charbon à l'heure a été construit.
3. Les expériences effectuées dans le grand broyeur montrent qu'avec une vitesse périphérique de 600 tr/min., le broyeur donne des résultats semblables à ce qui a été observé dans le petit broyeur qui tournait à 1200 tr/ min.
4. Le broyeur Szego n'a pas été éprouvé commercialement et nous connaissons mal ce que coûterait son entretien, mais il semble, à cause de sa simplicité et de la sécurité de son fonctionnement, qu'il soit supérieur au broyeur à boulets et au broyeur à milieux agités pour la préparation des mélanges de charbon-liquide.
5. Le coût estimatif de fabrication d'un broyeur commercial Szego ayant une capacité de 5 à 30 t/h est de 150 000 $.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

L'industrie s'intéresse de plus en plus au broyeur Szego pour préparer les mélanges charbon-liquide, spécialement pour ce qui est des applications où il est nécessaire d'obtenir un broyage fin ou ultrafin. On s'attend à ce que la General Comminution Inc. exige d'avoir un client industriel (p. ex., l'Ontario Hydro) pour poursuivre et évaluer le développement du broyeur.

TITRE: UTILISATION POTENTIELLE D'UN MÉLANGE CHARBON-LIQUIDE COMBUSTIBLE AU CANADA - PHASE 1

EXÉCUTANT:	Montreal Engineering Company Ltd.	N° DU DOSSIER:	1-9080	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	oct. 81/août 82	CANMET:	19 000 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	H. Whaley	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Combustion	TOTAL:	19 000 $

OBJECTIFS

1. Procéder à l'inventaire des dispositifs de combustion du pétrole employés dans les chaudières des centrales électriques, dans les chaudières industrielles et dans les combusteurs industriels de la Nouvelle-Écosse. L'inventaire doit comprendre toutes les installations alimentées nominalement au taux de 5,86 MW/h thermiques.

2. Réunir les données sur les ressources en combustibles, les règlements et les normes concernant les émissions résultant de la combustion du charbon et du pétrole en Nouvelle-Écosse.

MÉTHODE ET RÉSULTATS

Il faut être en relation avec les ministères des gouvernements provinciaux, les compagnies de la Couronne, les associations d'industriels et les entreprises pour réunir les données nécessaires. On a demandé à la Montreal Engineering de réunir des données complètes sur la situation en Nouvelle-Écosse:

1. Ressources en combustible (charbon et pétrole), transport du combustible et usine de préparation des mélanges charbon-liquide.

2. Inventaire des dispositifs de combustion du pétrole dans les catégories suivantes:

   a) Chaudières des centrales thermiques alimentées au pétrole et;
      - conçues pour le charbon
      - conçues pour le pétrole, convertibles éventuellement au charbon
      - conçues pour le pétrole, à design libéral
      - conçues pour le pétrole, à design compact

   b) Chaudières industrielles alimentées au pétrole et;
      - conçues pour le charbon
      - conçues pour le pétrole, à tube de fumée à enveloppe
      - conçues pour le pétrole, à tube à eau à enveloppe
      - conçues pour le pétrole, modulaires et construites sur place

   c) Combusteurs industriels, alimentés au pétrole et;
      - conçus pour le charbon
      - conçus pour le pétrole

3. Données sur les émissions dans le milieu. Relever et consigner les règlements locaux (provinciaux) ayant trait aux effets environnementaux de la combustion des mélanges charbon-liquide. En outre, consigner les directives fédérales équivalentes et comparer les normes régionales aux normes nationales dans la perspective du remplacement du pétrole par des mélanges charbon-liquide.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Ce marché fait partie de l'accord de collaboration sur les mélanges charbon-liquide de l'AIE pour assurer l'évaluation et la planification des applications de cette technologie; l'accord a été signé par les États-Unis, la Hollande, la Suède, le Japon et le Canada. Le marché figure aussi au programme de l'EMR sur le développement des technologies.

DOCUMENTS À L'APPUI

Rapport final: "Évaluation du potentiel de conversion aux mélanges charbon-liquide au Canada - phase 1".

TITRE: TESTS DE COMBUSTION DE MÉLANGES CHARBON-PÉTROLE À LA COMPAGNIE MINIÈRE IRON ORE CO. DU CANADA, DE SEPT-ÎLES (QUÉBEC)

EXÉCUTANT:	Compagnie Minière, I.O.C.	**N° DU DOSSIER:**	2-9090	**FINANCEMENT**	
		COMMENCEMENT/FIN:	juillet 82/fév. 83		
				CANMET:	105 141 $
SPÉCIALISTE		**TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE**		**EXÉCUTANT:**	49 184
DU CANMET:	G.N. Banks	**SOUS-ACTIVITÉ:**	Charbon	**AUTRES:**	--
		TECHNIQUE:	Combustion	**TOTAL:**	154 325 $

OBJECTIFS

1. Montrer qu'un combustible constitué d'une bouillie de charbon-liquide garde son homogénéité même après avoir été transporté en camion sur un parcours de plusieurs centaines de milles.

2. Faire la preuve que le mélange charbon-liquide peut être manutentionné comme un fuel lourd standard.

3. Évaluer les qualités des mélanges charbon-liquide comme substituts au Bunker C (n° 6) pour le séchage du minerai de fer à Schefferville.

MÉTHODES

1. Le combustible a été expédié dans six camions citernes depuis Shelbyville au Kentucky jusqu'à Champlain dans l'état de New-York où il a été transféré dans trois gros camions citernes canadiens et transporté jusqu'à Sept-Îles, Québec. Les 3 réservoirs ont été gardés à 60°C avec des serpentins alimentés à la vapeur.

2. Tel que requis, le combustible a été transvidé dans un réservoir de 4545 L où la température a été portée à 121°C avant la combustion. Un brûleur Forney-Verloop a été employé pour la combustion.

3. Du 20 au 23 juillet 1982, 97 720 L d'un mélange charbon-liquide combustible ont été consommés pour sécher le minerai de fer de Schefferville dans un four rotatif. Le combustible a été brûlé pendant 47,75 h au débit moyen de 2045 L/h. Le four a fonctionné de la même façon que lorsqu'il brûle du Bunker C.

RÉSULTATS

1. Le transport à longue distance n'a rien changé à la stabilité du combustible constitué de mélange charbon-liquide.

2. Cet essai de combustion a montré que le combustible constitue un mélange de charbon-liquide qui peut être substitué au Bunker C sans transformation importante de l'équipement. Pour plus de latitude on peut assurer l'alimentation au combustible sous les deux formes.

3. On a démontré que le mélange charbon-liquide combustible constitue un substitut adéquat du fuel-oil n° 6 brûlé dans les fours à minerais.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Le concept de combustion de mélanges charbon-liquide a été établi et la compagnie minière I.O.C. a proposé la tenue d'un test de trois semaines (105 h) au coût total de 434 K$. La compagnie a aussi préparé une évaluation des coûts pour un test de 30 jours (120 h) dont le total se chiffrerait à 866 K$. À l'origine, il a été proposé que l'essai de trois semaines ait lieu au printemps 1983, mais l'expérience n'aura pas lieu avant l'hiver 1983-1984 au plus tôt.

DOCUMENTS À L'APPUI

Rapport final: "COM Combustion Test, an I.O.C./EMR Cooperative Evaluation".

TITRE: ANALYSE PAR MICROSONDE ÉLECTRONIQUE DES MACÉRAUX CONTENUS DANS LES CHARBONS CANADIENS

EXÉCUTANT: Université d'Ottawa	N° DU DOSSIER:	1-9047	FINANCEMENT
	COMMENCEMENT/FIN:	juillet 81/mars 82	
			CANMET: 4 500 $
SPÉCIALISTE	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT: --
DU CANMET: B.N. Nandi	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES: --
	TECHNIQUE:	Combustion	TOTAL: 4 500 $

OBJECTIFS

Analyse in situ par microsonde des charbons avec une source d'électrons secondaires et rétrodiffusés afin de mesurer la distribution des matières minérales dans différents macéraux. Certains des minéraux nuisent à la combustion.

MÉTHODE

Conditionnement des échantillons de charbon, analyses chimiques et physiques, analyses quantitatives approximatives, analyses des cendres, valeur calorifique et calcul de l'indice de gonflement libre. Analyse pétrographique selon la méthode de l'ASTM.

La distribution des matières minérales dans les différents macéraux (vitrinite, exinite et inertinite) a été déterminée au moyen de l'analyseur à microsonde Mark V de Cambridge et du Energy Dispersive System d'Ortec.

RÉSULTATS

Il est apparu au cours de l'étude qu'un analyseur à microsonde Mark V de Cambridge sans microscope ne permettait pas de quantifier les résultats. L'appareil de Cambridge ne se prête pas à ce type d'analyse.

TITRE: ÉVAPORATION SUR LIT FLUIDISÉ DE TOURTEAUX DE CHARBON CONTENANT DU PÉTROLE BRUT

EXÉCUTANT:	Integ Intercontinental Engineering Ltd.	N° DU DOSSIER:	0-9075	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	juin 81/juin 82		
				CANMET:	122 754 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	M. Skubnik	SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Transport des bouillies de charbon	TOTAL:	122 754 $

OBJECTIFS

Il serait avantageux d'extraire complètement le pétrole utilisable des bouillies de charbon-pétrole au terminus des pipelines de transport des bouillies sur de grandes distances. Les tourteaux de charbon-pétrole, qui contiennent des quantités importantes de ce dernier, peuvent en libérer une quantité additionnelle quand ils sont soumis à une évaporation thermique.

Avec un évaporateur à lit fluidisé (ELF) conçu et construit par CANMET, les objectifs sont:

1. D'assembler et d'améliorer le dispositif d'ELF en se procurant, en construisant et en installant un dispositif d'alimentation K-Tron et un condensateur des gaz de combustion.

2. De vérifier des conditions prédéterminées d'évaporation pour réduire à moins de 2 % la teneur en pétrole des produits du charbon.

3. De préparer des échantillons représentatifs des condensats et des produits du cokage et du charbon thermique.

MÉTHODE

1. Assemblage et amélioration de l'ELF

   L'ELF est constitué d'un réacteur (D = 0,1 m), d'un gaz de fluidisation (N_2), d'éléments de chauffage de l'enveloppe, de cyclones, de collecteurs des produits de charbon et de dispositifs de contrôle. Une fois équipé du dispositif d'alimentation K-Tron (LWF-25) et du condensateur, l'ELF pourra traiter jusqu'à 20 kg de matières brutes à l'heure et abaissera la teneur en pétrole brut de 12 à moins de 2 % avec une température du lit fluidisé inférieure à 300°C.

2. Vérification des conditions prédéterminées
   a) Préparer des tourteaux - modèles de charbon cokéfiant et de pétrole synthétique brut (12 % de pétrole).
   b) Effectuer des tests d'évaporation.
   c) Évaluer les produits du charbon cokéfiant en termes de l'agglutination et de la teneur en pétrole.

3. Préparation des produits du charbon et échantillons des condensats
   a) Employer les tourteaux-modèles d'un charbon cokéfiant - pétrole synthétique brut.
   b) Employer deux tourteaux de charbon subbitumineux - pétrole synthétique brut et un tourteau de charbon cokéfiant - pétrole synthétique brut et un tourteau de charbon cokéfiant - pétrole synthétique brut obtenus par centrifugation d'une préparation simulant la bouillie injectée dans les pipelines.

RÉSULTATS

Charbon cokéfiant (charbon McIntyre)

1. Les conditions prédéterminées d'évaporation ont généralement été vérifiées avec une teneur minimum de 1,3 % de pétrole dans le produit de charbon.

2. Les propriétés d'agglomération du charbon n'ont pas changé à des températures de lit et de la boîte à vent de 291 et 396°C, mais elles se sont détériorées à 252 et 472°C.

3. Au maximum, 90 % du pétrole contenu dans le gâteau s'évaporait quand le lit atteignait 291°C.

4. La teneur en pétrole du produit de charbon variait presque exclusivement avec la température du lit.

Charbons sub-bitumineux (Wabamun et Vesta)

1. L'évaporation du pétrole était plus facile dans ce cas-ci; celui-ci était extrait à près de 97 % à 237°C (Wabamun); le charbon Vesta manifestait un comportement semblable. La teneur en pétrole du produit de charbon était d'à peine 0,2 %.

2. L'évaporation simultanée d'eau a conduit à moins d'un pourcent d'humidité dans les produits.

Il faut terminer les évaluations des produits du charbon et des condensats pour confirmer la faisabilité de cette technique d'évaporation du pétrole.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

L'applicabilité de ce concept dépend de la faisabilité du transport des bouillies charbon-pétrole et spécialement de la séparation primaire (mécanique) des produits de la bouillie charbon-pétrole, du degré de contamination du pétrole par le charbon et de l'effet des contaminants sur le raffinage du pétrole.

TITRE: **CONCEPTION D'UNE INSTALLATION POUR LA MESURE DE L'ÉROSION À HAUTE TEMPÉRATURE - PHASE 1**

EXÉCUTANT:	Montreal Engineering Company Ltd.	N° DU DOSSIER:	1-9001	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	oct. 81/juillet 82	CANMET:	30 000 $
SPÉCIALISTE DU CANMET:	A. Lui	TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
		SOUS-ACTIVITÉ:	Charbon	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour la manutention et la conversion du charbon	TOTAL:	30 000 $

OBJECTIFS

L'objectif est de concevoir une installation pour les tests sur la corrosion et l'érosion à haute température des matériaux employés dans les systèmes de combustion du charbon sur lit fluidisé et de gazéification du charbon.

MÉTHODE

L'exécutant a étudié des installations américaines semblables et soumis l'ébauche d'un concept. Enfin, un concept détaillé a été produit.

RÉSULTATS

L'installation proposée par l'exécutant fonctionne avec des gaz à 1000°C et des particules se déplaçant jusqu'à 65 m/s.

Douze échantillons métalliques de 1,5 cm x 2 cm peuvent être étudiés à la fois et l'angle d'attaque varie entre 0 et 90°. Un disque en rotation a été conçu pour mesurer la vitesse des particules. L'installation peut supporter des gaz corrosifs contenant des mélanges de SO_2, de CO et de CO_2.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Une variante de l'installation précitée sera construite. Elle servira à étudier la performance des matériaux dans la section à convection de la chaudière à lit fluidisé.

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE

ÉNERGIE NUCLÉAIRE

TITRE: ÉVALUATION EN LABORATOIRE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DES TECHNIQUES D'ÉCHANGE IONIQUE POUR ISOLER LES RADIONUCLÉIDES LORS DU TRAITEMENT DES MINERAIS D'URANIUM

EXÉCUTANT:	Eldorado Nucléaire Ltée	N° DU DOSSIER:	9-9054	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	nov. 79/mars 80		
				CANMET:	13 027 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	13 027
DU CANMET:	G.M. Ritcey	SOUS-ACTIVITÉ:	Énergie nucléaire	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Traitement des minerais radioactifs	TOTAL:	26 054 $

OBJECTIFS

L'évaluation en laboratoire de la faisabilité technique et économique des techniques d'échange ionique pour isoler les radionucléides, notamment le radium 226, dans les effluents de sulfate et de carbonate produits par les usines de traitement classique des minerais d'uranium.

MÉTHODE

Examiner une à une plusieurs résines échangeuses d'ions qui seraient capables d'extraire les radionucléides. Les données recueillies fourniront des indices quant à:

1. La faisabilité des techniques d'échange ionique
2. Le type de résine à employer
3. Les données sur la charge

Les résultats doivent être estimés en termes de la faisabilité technique et pratique et des estimations de coût doivent être produites.

RÉSULTATS

Les résultats ont montré que l'extraction du Ra^{226} soluble jusqu'à moins de 3 pCi/L par échange d'ions et techniquement réalisable. La baryte était la plus absorbante. Les procédés d'échange ionique à un seul passage n'ont aucun avenir sur le plan économique parce que la capacité de charge est trop faible. Le coût de la résine seulement se chiffrerait de 8 $ à 30 $/kg d'U produit, ou de 6,60 $ à 25 $/1000 L d'effluent traité quand l'IR-122 ou IRC-50 sont employés.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

La recherche se poursuit au CANMET à partir des résultats précités et de nouvelles informations.

TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE

ÉNERGIE RENOUVELABLE

TITRE: DÉVELOPPEMENT D'UN CIRCUIT DOMESTIQUE DE STOCKAGE THERMIQUE QUI EMPLOIE UN SEL HYDRATÉ FONDU COMME MILIEU DE STOCKAGE

EXÉCUTANT:	Conseil de recherche et de productivité du Noveau-Brunswick	N° DU DOSSIER:	8-9042	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	jan. 79/mars 80	CANMET:	32 220 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	V. Mirkovich	SOUS-ACTIVITÉ:	Ressources renouvelables	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour les systèmes perfectionnés de conversion de l'énergie	TOTAL:	32 220 $

OBJECTIFS

L'objectif était de développer un circuit domestique de stockage thermique qui emploie un sel hydraté fondu comme milieu de stockage. Le sel hydraté doit être contenu dans les interstices d'un matériel poreux en céramique, lui-même encapsulé dans un produit de revêtement imperméable.

MÉTHODE

La stabilité du thiosulphate pentahydraté de sodium en contact avec des surfaces argileuses a été étudiée et les caractéristiques de la cristallisation dans un volume restreint ont été déterminées. Les échantillons de céramique imprégnés du sel hydraté ont été encapsulés et la résistance à l'usure des capsules a été vérifiée. La capacité de stockage de la chaleur latente des produits composés sel hydraté-brique a été mesurée au moyen de la méthode des courbes de refroidissement.

RÉSULTATS

Cette étude montre à quel point le concept d'origine est juste, mais elle nous a aussi appris que le problème est plus complexe qu'il n'y paraissait. Pour obtenir les résultats voulus, au moins trois facteurs distincts, mais reliés devront être étudiés davantage:

1. Les caractéristiques de différents sels qui changent de phase et le problème du surrefroidissement

2. Le développement de corps céramiques capables de résister à l'attaque des sels en question

3. La mise au point de matériel d'encapsulation et d'un système compatible avec les éléments 1 et 2.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

La poursuite de la recherche a été temporairement interrompue.

TITRE: DÉVELOPPEMENT DE PELLICULES SEMI-CONDUCTRICES POUR LA PRODUCTION PHOTOÉLECTROCHIMIQUE D'HYDROGÈNE OU D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

EXÉCUTANT:	Bell Northern Research Ltd.	N° DU DOSSIER:	9-9094	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	juin 80/juin 81	CANMET:	177 818 $
SPÉCIALISTE		TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE		EXÉCUTANT:	--
DU CANMET:	S.M. Ahmed	SOUS-ACTIVITÉ:	Ressources renouvelables	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour les systèmes perfectionnés de conversion de l'énergie	TOTAL:	177 818 $

OBJECTIFS

Préparer et caractériser les pellicules épaisses de TiO_2 semi-conductrices qui seraient employées comme photo-anodes pour la photoélectrolyse de l'eau à la lumière solaire afin de produire l'hydrogène.

MÉTHODE

Les pellicules de TiO_2, de 15 à 30 microns, ont été imprimées avec des masques sur un substrat d'Al_2O_3 posé sur un fond métallique. L'anatase ou un mélange de celle-ci et de rutile en pâte contenant d'autres impuretés si nécessaire, étaient employés comme matériel de base. Les pellicules étaient séchées, calcinées et concrétionnées à des températures contrôlées et dans une atmosphère inerte, et enfin, soumises à une réduction à l'hydrogène jusqu'au point requis.

Les propriétés physiques comme la structure, la dureté, les caractéristiques d'adhésion, la résistance électrique, la composition de la pellicule, etc. ont été étudiées au moyen d'un grand nombre de techniques. Les pellicules ont été remises au CANMET pour les expériences photoélectrochimiques.

RÉSULTATS

Un grand nombre de pellicules ont été préparées dans un bon nombre de conditions expérimentales différentes de façon à établir un rapport entre les paramètres d'impression au masque et les caractéristiques photoélectrochimiques.

Les pellicules préparées dans certaines conditions contrôlées se sont avérées aussi bonnes qu'un cristal unique de TiO_2 pour la conversion photonique, et parfois meilleures. La pellicule est de fabrication facile et le procédé peut facilement être porté à grande échelle.

Les expériences dans les laboratoires de CANMET ont montré que ces pellicules sont stables et qu'elles ont un rendement de 2 % pour la conversion de l'énergie solaire en hydrogène.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

Le CANMET a effectué beaucoup d'expériences dans ses laboratoires pour appliquer ces pellicules à la photoélectrolyse de l'eau. Les demandes de brevets ont été déposées auprès de la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée pour protéger les droits sur le procédé au Canada et aux États-Unis.

CANMET entend poursuivre la recherche pour améliorer le rendement de la conversion photochimique de ces pellicules par la modification de leurs propriétés en phase solide.

TITRE: MISE AU POINT DE TECHNIQUES D'ESSAIS NON DESTRUCTIFS AFIN D'ÉVALUER L'INTÉGRITÉ DE CONCRÉTIONS D'ÉLECTROLYTES EN PHASE SOLIDE - PHASE 1

EXÉCUTANT: Université McMaster		N° DU DOSSIER:	0-9006	FINANCEMENT	
		COMMENCEMENT/FIN:	août 80/juin 82		
				CANMET:	47 052 $
SPÉCIALISTE			TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE	EXÉCUTANT:	--
DU CANMET: T.A. Wheat		SOUS-ACTIVITÉ:	Ressources renouvelables	AUTRES:	--
		TECHNIQUE:	Matériaux pour les systèmes perfectionnés de conversion de l'énergie	TOTAL:	47 052 $

OBJECTIFS

Détection et caractérisation des défauts cachés de 50 microns dans des concrétions de céramique électrolytiques.

MÉTHODE

Mettre au point différents transducteurs ultrasoniques qui fonctionnent à différentes fréquences et emploient différentes configurations de faisceaux, avec un système automatique de balayage X-Y-Z de façon à ce que le matériel puisse être examiné de façon entièrement automatique et que les coordonnées des défauts soient automatiquement enregistrées et reproduites sur demande.

RÉSULTATS

L'exécutant est parvenu à abaisser la limite de détection des plus petits défauts, de 75 microns à 27 microns. Ce résultat a été obtenu par l'emploi de transducteurs à focalisation hémisphérique produits aux termes du présent marché. Cependant, le balayage se fait forcément à un rythme lent puisque le foyer doit être fait en n incréments dans l'axe de Z. À l'avenir, cette difficulté devrait être contournée par l'emploi d'un transducteur à faisceaux rotatifs qui enregistra les données sur toute la distance le long de l'axe des Z en un balayage.

APPLICATIONS ET POURSUITE DE LA RECHERCHE

La détection de défauts cachés de 5 microns dans n'importe quel solide constitue l'objectif ultime. L'application immédiate est le développement d'électrolytes en phase solide de grande qualité pour les accumulateurs et les cellules à combustible. La technique a un très vaste champ d'application.

Le développement est poursuivi aux termes du marché n° 2-9065.

SONDAGE

L'opinion des lecteurs intéressés peut influencer l'orientation future des recherches à CANMET.

Nous vous invitons, donc, à évaluer le rapport - n° _____

Est-il utile?	Oui____	Non____
Traite-t-il d'un problème de l'industrie?	Oui____	Non____
Le sujet est-il prioritaire?	Oui____	Non____

Commentaires _____

_____

_____

Postez à: Rédacteur de CANMET, EMR, 555, rue Booth,
Ottawa, Ontario, K1A 0G1

Une copie gratuite de la REVUE DE CANMET sera envoyée sur demande.

CANMET REPORTS

Recent CANMET reports presently available or soon to be released through Printing and Publishing, Supply and Services Canada (addresses on inside front cover), or from CANMET Publications Office, 555 Booth St., Ottawa, Ontario, K1A 0G1:

Les récents rapports de CANMET, qui sont présentement disponibles ou qui le seront bientôt peuvent être obtenus de la direction de l'Imprimerie et de l'Edition, Approvisionnements et Services Canada (adresses au verso de la page couverture), ou du Bureau de vente et distribution de CANMET, 555, rue Booth, Ottawa, Ontario, K1A 0G1:

83-2E McMaster, An Allogenic Massive Sulphide Copper Deposit, Bathurst Area, New Brunswick; J.L. Jambor;
Cat. No. M38-13/83-2E, ISBN 0-660-11377-5; Price: $3.25 Canada, $3.90 other countries.

83-2F Le gisement McMaster, un gisement de sulfure de cuivre allogène massif dans la région de Bathurst au Nouveau-Brunswick; J.L. Jambor;
Cat. No. M38-13/83-2F, ISBN 0-660-91158-2; Price: $3.25 Canada, $3.90 à l'étranger.

83-4E An Evaluation of Two Methods for the Determination of Indium in Ores, Concentrates and Zinc Processing Products by Flame Atomic-emission and Flame Atomic-absorption Spectrophotometry; Elsie M. Donaldson;
Cat. No. M38-13/83-4E, ISBN 0-660-11394-5; Price: $3.00 Canada, $3.60 other countries.

83-5E Industrial Minerals - Problem Areas and Opportunities; R.K. Collings and P.R.A. Andrews;
Cat. No. M38-13/83-5E, ISBN 0-660-11411-9; Price: $6.25 Canada, $7.50 other countries.

83-5F Problèmes et aspects favorables des minéraux industriels; R.K. Collings et P.R.A. Andrews;
Cat. No. M38-13/83-5F, ISBN 0-660-91251-1; Price: $6.25 Canada, $7.50 à l'étranger.

83-8E Alkalai Resistant Fibres - A Review; S.S.B. Wang;
Cat. No. M38-13/83-8E, ISBN 0-660-11542-5; Price: $3.25 Canada, $3.90 other countries.

83-8F Fibres résistantes aux alcalis: Étude documentaire; S.S.B. Wang;
Cat. No. M38-13/83-8F, ISBN 0-660-91293-7; Price: $3.25 Canada, $3.90 à l'étranger.

83-9E Radium 226 in Certified Uranium Reference Ores DL-1a, BL-4a, DH-1a and BL-5; C.W. Smith and H.F. Steger;
Cat. No. M38-13/83-9E, ISBN 0-660-11465-8; Price: $2.25 Canada, $2.70 other countries.

83-9F Radium-226 dans les minerais d'uranium de référence ores DL-1a, BL-4a, DH-1a and BL-5; C.W. Smith et H.F. Steger;
Cat. No. M38-13/83-9F, ISBN 0-660-91290-2; Price: $2.25 Canada, $2.70 à l'étranger.

83-10E TAN-1: A Certified Tantalum Reference Ore; H.F. Steger and W.S. Bowman;
Cat. No. M38-13/83-10E, ISBN 0-660-11504-2; Price: $2.50 Canada, $3.00 other countries.

83-10F TAN-1: Minerai de référence de tantale; H.F. Steger et W.S. Bowman;
Cat. No. M38-13/83-10F, ISBN 0-660-91291-0; Price: $2.50 Canada, $3.00 à l'étranger.

83-14E MP-2: A Certified Tungsten-molybdenum Reference Ore; H.F. Steger and W.S. Bowman;
Cat. No. M38-13/83-14E, ISBN 0-660-11541-7; Price: $3.00 Canada, $3.60 other countries.

83-14F MP-2: un minerai de référence certifié de tungstène-molybdène; H.F. Steger et W.S. Bowman;
Cat. No. M38-13/83-14F, ISBN 0-660-91285-6; Price: $3.00 Canada, $3.60 à l'étranger.

83-15E CANMET Review 1982-1983; Staff of Technology Information Division;
Cat. No. M38-13/83-15E, ISBN 0-660-11615-4; Price: $5.00 Canada, $6.00 other countries.

83-15F Revue de CANMET 1982-1983; Personnel de la division de l'information technologique;
Cat. No. M38-13/83-15F, ISBN 0-660-91278-3; Price: $5.00 Canada, $6.00 à l'étranger.

83-16E Asbestos/Cement pipe corrosion Part 1 - Historical, Technological Economic and Statistical Background; B. Nebesar;
Cat. No. M38-13/83-16E, ISBN 0-660-11557-3; Price: $2.50 Canada, $3.00 other countries.

83-20E Coal Mining in Canada: 1983; A.S. Romaniuk and H.G. Naidu;
Cat. No. M38-13/83-20E, ISBN 0-660-11616-2; Price: $6.00 Canada, $7.20 other countries.